

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**WAGNER GOMES MARTINS**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E**  
**CONFORTO TÉRMICO NOS**  
**MÓDULOS ANTÁRTICOS EMERGENCIAIS**

VITÓRIA

2016

WAGNER GOMES MARTINS

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E  
CONFORTO TÉRMICO NOS  
MÓDULOS ANTÁRTICOS EMERGENCIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Construção Civil.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Cristina Engel de Alvarez

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Edna Aparecida Nico-Rodrigues

VITÓRIA

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial Tecnológica,  
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

M386a Martins, Wagner Gomes, 1988-  
Avaliação de desempenho e conforto térmico nos Módulos  
Antárticos Emergenciais / Wagner Gomes Martins. – 2016.  
195 f. : il.

Orientador: Cristina Engel de Alvarez.  
Coorientador: Edna Aparecida Nico-Rodrigues.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Estação Antártica Comandante Ferraz. 2. Conforto  
térmico. 3. Desempenho. 4. Avaliação pós-ocupação (APO).  
5. Módulos Antárticos Emergenciais (MAE). 6. Modelo PMV  
(Predicted Mean Vote). 7. Antártica, Península. I. Alvarez,  
Cristina Engel de. II. Nico-Rodrigues, Edna Aparecida. III.  
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV.  
Título.

CDU: 624

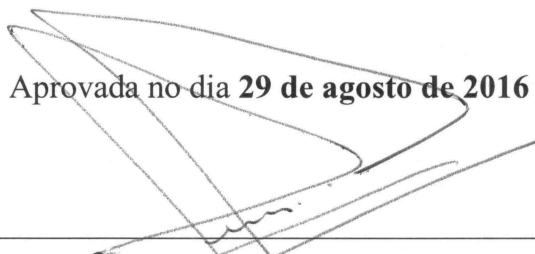
---

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E CONFORTO TÉRMICO NOS  
MÓDULOS ANTÁRTICOS EMERGENCIAIS**

**Wagner Gomes Martins**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de Construção Civil.

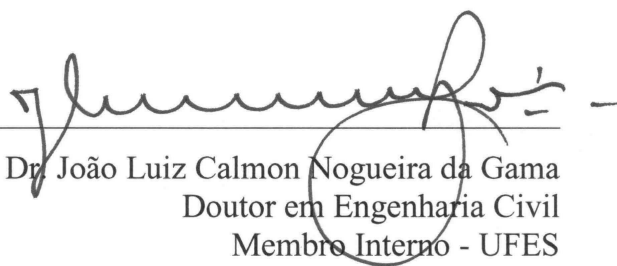
Aprovada no dia **29 de agosto de 2016** por:



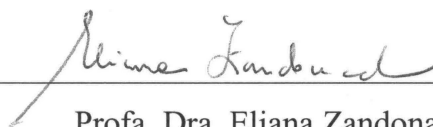
Prof. Dra. Cristina Engel de Alvarez  
Doutora em Arquitetura e Urbanismo  
Orientadora - UFES



Prof. Dra. Edna Aparecida Nico-Rodrigues  
Doutora em Arquitetura e Urbanismo  
Coorientadora - UFES



Prof. Dr. João Luiz Calmon Nogueira da Gama  
Doutor em Engenharia Civil  
Membro Interno - UFES



Prof. Dra. Eliana Zandonade  
Doutora em Estatística  
Membro Externo - UFES



## **AGRADECIMENTOS**

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Cristina E. de Alvarez, minha orientadora, pela oportunidade de trabalhar no Laboratório de Planejamento e Projetos – LPP e cursar a pós-graduação, pelo apoio e incentivo, antes mesmo do mestrado, pelos ensinamentos e correções, e pelos esforços para que tudo se concretizasse.

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Edna Aparecida Nico-Rodrigues, minha coorientadora, pelo cuidado minucioso com a revisão do projeto de pesquisa, pelas correções e sugestões, e por toda atenção dispensada, sempre com muita simpatia.

Ao Prof. Dr. João Luiz Calmon N. da Gama, membro da banca avaliadora, pela confiança depositada e pelo apoio, desde o processo seletivo, bem como pelos discursos calorosos, que sempre provocam a reflexão dos seus alunos.

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Eliana Zandonade, membro da banca avaliadora, pela colaboração com a parte de estatística da pesquisa, juntamente com o estatístico Caerê I. M. de Magalhães, do Laboratório de Estatística – LESTAT da UFES, a quem se direciona este agradecimento.

Aos professores das disciplinas cursadas e aos que me acompanharam no processo de ingresso no curso, além da minha orientadora e do professor Calmon: Prof.<sup>a</sup> Dra. Geilma L. Vieira (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC), Prof.<sup>a</sup> Dra. Jamilla E. S. L. Teixeira (PPGEC), Prof. Dr. Adelmo I. Bertolde (PPGEC), Prof. Dr. Milton Esteves Júnior (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – PPGAU) e Prof. Dr. Paulo Sérgio de P. Vargas (Departamento de Arquitetura e Urbanismo).

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Marta M. da C. Cruz, coordenadora do PPGEC, e ao Sidney G. Barbara, secretário do PPGEC, pelo suporte oferecido e atenção dispensada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro por meio de uma bolsa de mestrado.

Ao Programa Antártico Brasileiro – PROANTAR, pela compra dos equipamentos de medição, ao Comandante Eduardo da C. Pereira Júnior e sua equipe, pela colaboração com a instalação e o monitoramento destes equipamentos, e aos Grupos Base das Operações Antárticas que responderam aos questionários, fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Laboratório de Interação Ar-Mar – LIAM, pertencente ao Grupo de Micrometeorologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG da USP, pela disponibilização dos dados meteorológicos solicitados da Estação Antártica Comandante Ferraz.

Ao amigo engenheiro Me. Paulo Vitor C. N. da Gama, pela colaboração com os cálculos do índice utilizado na pesquisa, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas e amigo(a)s do LPP que ajudaram e colaboraram diretamente com o trabalho e o curso: arquiteto(a)s Me. Bernardo Z. Dias, Ma. Fabiana T. da Silva, Me. Fernando B. Fanticele, Marina S. Tomé, e Stella B. Hoppe; física Alice S. Albuquerque; e Jéssica de M. Machado.

Aos demais colegas do LPP, especialmente aos que trocaram conhecimentos e informações de contribuição para a pesquisa: Prof.<sup>a</sup> Dra. Andrea C. Laranja e Prof.<sup>a</sup> Dra. Márcia B. Dalvi; arquiteto(a)s Ma. Dielly Christine G. Montarroyos, Me. Ricardo N. Maioli, e Me. André Luiz F. Donadello; e Brenda A. Silva.

Aos colegas de turma: arquiteto(a)s Argeu L. M. Pretti, Letícia S. R. Siqueira e Regiane F. Giacomini, e engenheiro(a)s Clarisse P. Pacheco, Felipe Z. Coelho, Jéssica F. Fonseca, Sérgio Mittri, Thaís de S. Góis e Wagner K. Dominicini.

Ao meu pai e melhor amigo, Paulo, que sempre me incentivou e apoiou nos estudos e na vida como um todo, e à minha avó Dulce, que também sempre cuidou de mim desde a infância até o mestrado.

À minha mãe, Silvana, à minha irmã, Ana Paula, e ao meu avô José, que ficariam muito felizes se pudessem estar fisicamente presentes para me acompanhar, dessa forma, nesta fase da vida e dos estudos.

Aos familiares que me acompanharam até o mestrado, em especial: avó Maria Ivonete e avô Samuel; tias Álida, Edilene, Amélia e Sandra, e tio Wellington; prima Alice e primo Nuno; e primo Rodrigo.

Aos amigos e colegas que me apoiaram e me incentivaram, em especial: Andréa, Bruno (amigo de todas as horas), Flora, Guilherme, Leandra, Luli e Victor, Mariana, Mayra e família, Nelson e Rafaela, Priscila, comunidade do Dojo e do Mosteiro Zen Morro da Vargem, grupo do Centro Tibetano Sam Drub Ling, e turma da Escola de Dança Djavan Ferreira.

## RESUMO

Os Módulos Antárticos Emergenciais – MAE, instalados na Península Keller na Antártica, desde 2013 têm servido à continuidade das atividades desenvolvidas no local após o incêndio de parte da Estação Antártica Comandante Ferraz em 2012. Tendo-se em vista que os MAE se situam em um local protegido e extremo, o objetivo do trabalho apresentado foi avaliar seu desempenho, com enfoque para o conforto térmico, considerando-se o bem-estar dos usuários, face às condições climáticas locais, e a necessidade de aquecimento do ambiente interno, que é realizado a partir da queima de combustível fóssil. Seguindo-se os procedimentos relativos à metodologia de Avaliação Pós-Ocupação, através da aplicação de questionários e da realização de medições de temperatura e umidade, com o tratamento dos dados coletados e análise dos resultados, foram identificados problemas relativos à estanqueidade, à distribuição da temperatura interna, e ao comportamento em uso. Dentre os principais resultados, verificou-se que não houve correlação entre a temperatura externa e a interna, sendo possível inferir que a envoltória mantém o ambiente interno bem isolado, apesar dos problemas de vedação, e/ou que o sistema de aquecimento é capaz de compensar as diferenças de temperatura. Acredita-se que as quedas de temperatura observadas podem ter sido provocadas pela abertura de portas, principalmente no período de verão, em que há mais usuários nos MAE. Os resultados obtidos através do cálculo do índice PMV (*Predicted Mean Vote*), que representa o voto médio predito de sensação térmica para um grupo de ocupantes de uma edificação, juntamente com os levantamentos realizados, mostraram que a ocorrência de frio é agravada pelo uso de vestimentas com baixo coeficiente de isolamento. Realizando-se alguns ajustes na edificação – por exemplo, nas vedações, com a eventual substituição de materiais – provavelmente seria possível atingir um alto desempenho nos MAE e, da mesma forma, o conforto obtido seria ainda maior com ajustes no comportamento em uso – por exemplo, utilizando-se vestimentas com um maior isolamento.

**Palavras-chave:** Módulos Antárticos Emergenciais, Antártica, desempenho, conforto térmico, *Predicted Mean Vote*, Avaliação Pós-Ocupação.

## ABSTRACT

The Emergency Antarctic Modules – MAE have been serving to the continuity of the activities undertaken at the Keller Peninsula in Antarctica since 2013, after the fire that destroyed the main part of the Comandante Ferraz Antarctic Station in 2012. Taking into account that MAE are located at a protected and extreme area, the aim of the presented work was to evaluate their performance, with an emphasis on the thermal comfort, considering the well-being of the users, the local climate conditions and the necessity of heating, which is carried out from the burning of fossil fuel. Following the procedures related to the Post-Occupancy Evaluation methodology, through the application of questionnaires and conducting temperature and humidity measurements, with the treatment of the collected data and analysis of results, problems concerning the air tightness, the distribution of the temperature in the rooms, and behavior in use were identified. Among the main results, it was found that there was no correlation between the external temperature and the internal one, being possible to infer that the envelope keeps the indoor thermal environment well isolated, despite the sealing problems, and/or that the heating system is capable of compensating the differences of temperature. It is possible that the observed temperature drifts have been caused by opening doors, especially in the summer period, when there are more users in the MAE. The results obtained by calculating the PMV, which represents the predicted mean vote of thermal sensation for a group of users in a building, along with the surveys, showed that the occurrence of cold thermal sensation gets worse with the use of garments with low coefficient of insulation. Making some adjustments in the building – for example, in the sealing, with an eventual substitution of material – it would probably be possible to achieve a high performance in the MAE and, in the same way, the comfort obtained would be even higher with some adjustments in the behavior in use – for example, using garments with greater isolation.

**Keywords:** Emergency Antarctic Modules, Antarctica, performance, thermal comfort, Predicted Mean Vote, Post-Occupancy Evaluation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF .....	30
Figura 2 – Estação Antártica Comandante Ferraz em 1984 .....	31
Figura 3 – Estação Antártica Comandante Ferraz em 1987: planta baixa esquemática .....	33
Figura 4 – Estação Antártica Comandante Ferraz em 1992: planta baixa esquemática .....	34
Figura 5 – Vista geral da Estação Antártica Comandante Ferraz em 2005 .....	35
Figura 6 – Ambientes internos da Estação Antártica Comandante Ferraz após a revitalização	36
Figura 7 – Planta do corpo principal da Estação Antártica Comandante Ferraz após a revitalização .....	37
Figura 8 – Os Módulos Antárticos Emergenciais – MAE .....	39
Figura 9 – Contêiner expansível HERCon .....	41
Figura 10 – Contêiner sendo colocado em balsa .....	42
Figura 11 – Contêiner sendo transportado por balsa para o local de instalação .....	42
Figura 12 – Vista geral dos Módulos Antárticos Emergenciais .....	43
Figura 13 – Ambientes internos dos Módulos Antárticos Emergenciais .....	44
Figura 14 – Objetivos da avaliação de edificações a partir do seu monitoramento .....	46
Figura 15 – Aparelhos de medição instalados na enfermaria .....	77
Figura 16 – Planta baixa esquemática dos Módulos Antárticos Emergenciais .....	78
Figura 17 – Percepções dos usuários quanto à ocorrência de calor e frio nos MAE, nos períodos do dia, e suas possíveis causas .....	136

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperaturas de conforto observadas, de banco de dados da ASHRAE, e retas, de regressão e calculada, com base nos modelos de abordagem adaptativa e de balanço de calor, respectivamente, em edificações condicionadas artificialmente .....	56
Gráfico 2 – Relação entre PMV e PPD.....	60
Gráfico 3 – Temperatura operativa ótima em função da vestimenta e da atividade para a Categoria A: PPD < 6% .....	69
Gráfico 4 – Notas para a sensação térmica geral nos MAE, dadas pelos usuários, na avaliação preliminar da edificação .....	87
Gráfico 5 – Linha do tempo da temperatura do ar no refeitório para o período de 20 de março de 2014 a 14 de julho de 2014 .....	88
Gráfico 6 – <i>Boxplots</i> da temperatura do ar nos ambientes, para o período de 20 de março de 2014 a 14 de julho de 2014 .....	88
Gráfico 7 – Diferenças verticais da temperatura do ar entre as alturas de medição superiores e inferiores nos ambientes, para o período de 20 de março de 2014 a 14 de julho de 2014 .....	89
Gráfico 8 – Diagramas de dispersão para temperatura externa e interna, no Camarote B2, considerando as três alturas de medição interna. ....	93
Gráfico 9 – Diagramas de dispersão para temperatura externa e interna, no Camarote C3, considerando as três alturas de medição interna. ....	93
Gráfico 10 – Diagramas de dispersão para temperatura externa e interna, na Enfermaria, considerando as três alturas de medição interna. ....	94
Gráfico 11 – Diagramas de dispersão para temperatura externa e interna, no Refeitório, considerando as três alturas de medição interna. ....	94
Gráfico 12 – Temperatura operativa por hora no Camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)....	96
Gráfico 13 – Temperatura operativa por hora no Camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)....	97
Gráfico 14 – Temperatura operativa por hora no Camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)....	98
Gráfico 15 – Temperatura operativa por hora na Enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)....	99
Gráfico 16 – Temperatura operativa por hora na Enfermaria para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)....	99
Gráfico 17 – Temperatura operativa por hora na Enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo) ..	100
Gráfico 18 – Temperatura operativa por hora no Refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo) ..	101
Gráfico 19 – Temperatura operativa por hora no Refeitório para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo) ..	101

Gráfico 20 – Temperatura operativa por hora no Refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)..	102
Gráfico 21 – Diferenças da temperatura operativa entre horas seguidas para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) nos ambientes .....	105
Gráfico 22 – Controle da temperatura operativa no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) .....	106
Gráfico 23 – Controle da temperatura operativa no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) .....	107
Gráfico 24 – Controle da temperatura operativa no camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) .....	108
Gráfico 25 – Controle da temperatura operativa na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) .....	109
Gráfico 26 – Controle da temperatura operativa na enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) .....	110
Gráfico 27 – Controle da temperatura operativa na enfermaria para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) .....	111
Gráfico 28 – Controle da temperatura operativa no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) .....	112
Gráfico 29 – Controle da temperatura operativa no refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) .....	113
Gráfico 30 – Controle da temperatura operativa no refeitório para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) .....	114
Gráfico 31 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote B2 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	117
Gráfico 32 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote B2 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005 .....	118
Gráfico 33 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote B2 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	118
Gráfico 34 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	119
Gráfico 35 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005 .....	120
Gráfico 36 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	120
Gráfico 37 – Diferenças verticais da temperatura do ar na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	121
Gráfico 38 – Diferenças verticais da temperatura do ar na enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	122
Gráfico 39 – Diferenças verticais da temperatura do ar na enfermaria para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	123
Gráfico 40 – Diferenças verticais da temperatura do ar no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	124

Gráfico 41 – Diferenças verticais da temperatura do ar no refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	125
Gráfico 42 – Diferenças verticais da temperatura do ar no refeitório para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005.....	126
Gráfico 43 – Sensações térmicas dos respondentes no momento de resposta do questionário de conforto térmico nos MAE .....	131
Gráfico 44 – Sensações térmicas habituais para os respondentes do questionário de conforto térmico nos MAE .....	132
Gráfico 45 – Problemas apontados pelos respondentes e relacionados à variação da sensação térmica dentro dos cômodos em que o questionário foi respondido .....	135
Gráfico 46 – Notas dadas pelos respondentes para o conforto térmico nos MAE, em uma escala de 0 a 10.....	139
Gráfico 47 – PMV por hora para o camarote C3 à altura de 1,10 m do piso para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) – resultados da primeira avaliação com base no PMV (isolamento de vestimenta = 0,50 clo; taxa metabólica = 1,2 met) .....	141
Gráfico 48 – PMV por hora no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário E (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 0,8 met) .....	144
Gráfico 49 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário E (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 0,8 met) .....	146
Gráfico 50 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário F (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 1,2 met) .....	146
Gráfico 51 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met) .....	148
Gráfico 52 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário F (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 1,2 met) .....	148
Gráfico 53 – PMV por hora no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) .....	150
Gráfico 54 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário G (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 2,0 met) .....	151
Gráfico 55 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) .....	152
Gráfico 56 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário D (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 2,0 met) com concentração entre -0,5 e +0,5 .....	153
Gráfico 57 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário E (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 0,8 met) .....	154
Gráfico 58 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário A (isolamento de vestimenta = 0,38 clo; taxa metabólica = 1,2 met) .....	155
Gráfico 59 – PMV por hora no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met) .....	158



Gráfico 60 – PMV por hora no camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)	158
Gráfico 61 – PMV por hora na enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)	159
Gráfico 62 – PMV por hora na enfermaria para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)	159
Gráfico 63 – PMV por hora no refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)	160
Gráfico 64 – PMV por hora no refeitório para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)	160
Gráfico 65 – PMV por hora no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met) em escala para comparação entre ambientes	161
Gráfico 66 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met) em escala para comparação entre ambientes	162
Gráfico 67 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met) em escala para comparação entre ambientes	162
Gráfico 68 – PMV por hora no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas	163
Gráfico 69 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas	164
Gráfico 70 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas	164
Gráfico 71 – PMV por hora no camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas	165
Gráfico 72 – PMV por hora na enfermaria para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas	166
Gráfico 73 – PMV por hora no refeitório para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas	166
Gráfico 74 – PMV por hora no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala única para comparação entre horas	167
Gráfico 75 – PMV por hora na enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala única para comparação entre horas	168
Gráfico 76 – PMV por hora no refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala única para comparação entre horas	168

Gráfico 77 – *Boxplots* dos votos reais para sensação indicada e desejada, no momento de resposta do questionário de conforto térmico e habitualmente, nos MAE, para comparação com os votos preditos ..... 170

Gráfico 78 – PMV por hora no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário A (isolamento de vestimenta = 0,38 clo; taxa metabólica = 1,2 met) – escala única para comparação com votos reais e ambientes ... 171

Gráfico 79 – PMV por hora na enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário A (isolamento de vestimenta = 0,38 clo; taxa metabólica = 1,2 met) – escala única para comparação com votos reais e ambientes ... 171

Gráfico 80 – PMV por hora no refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário A (isolamento de vestimenta = 0,38 clo; taxa metabólica = 1,2 met) – escala única para comparação com votos reais e ambientes ... 172

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese dos procedimentos metodológicos da pesquisa .....	22
Quadro 2 – Principais interesses na região antártica .....	25
Quadro 3 – Períodos determinados para a avaliação dos MAE .....	95
Quadro 4 – Vestimentas indicadas para os usuários se sentirem próximo à neutralidade térmica nos MAE, conforme atividades, com base na análise da concentração dos resultados de PMV entre -0,5 e +0,5, na escala de sensação térmica padrão, para os cenários observados .....	156

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatos que marcaram a presença brasileira na Antártica .....	28
Tabela 2 – Limites para desvios ou declives de temperatura .....	57
Tabela 3 – Escala de sete pontos da ASHRAE .....	59
Tabela 4 – Distribuição de votos individuais de sensação térmica para diferentes valores de voto médio predito e correspondente porcentagem de insatisfeitos .....	60
Tabela 5 – Categorias do ambiente térmico .....	68
Tabela 6 – Diferenças verticais de temperatura do ar entre cabeça e tornozelos para as categorias de conforto da ISO 7730:2005 .....	70
Tabela 7 – Temperaturas operativas para ambientes de atividade sedentária .....	70
Tabela 8 – Desvios aceitáveis da temperatura operativa e aceitabilidade por categoria conforme expectativas .....	71
Tabela 9 – Cenários de coeficientes para variáveis e dados de entrada para os cálculos de PMV na segunda avaliação com base no índice .....	84
Tabela 10 – Resumo comparativo da primeira análise descritiva do comportamento das variáveis térmicas ambientais nos MAE .....	92
Tabela 11 – Síntese dos resultados de temperatura operativa nos ambientes, considerando a análise de sua concentração geral e seu enquadramento nas categorias da ISO 7730:2005 .....	103
Tabela 12 – Síntese dos resultados de controle da temperatura operativa nos ambientes e de sua análise geral, para todas as horas, considerando as categorias da ISO 7730:2005 .....	115
Tabela 13 – Síntese dos resultados de diferença de temperatura do ar nos ambientes, considerando a análise de sua concentração geral e seu enquadramento nas categorias da ISO 7730:2005 .....	127
Tabela 14 – Correspondência entre os votos para sensação indicada e desejada no momento de resposta do questionário de conforto térmico nos MAE .....	133
Tabela 15 – Correspondência entre os votos para sensação indicada e desejada habitualmente nos MAE .....	134
Tabela 16 – Ambientes considerados mais termicamente confortáveis pelos usuários e suas justificativas .....	137
Tabela 17 – Ambientes considerados menos termicamente confortáveis pelos usuários e suas justificativas .....	138
Tabela 18 – Síntese da análise dos diagramas de caixa de PMV para os ambientes estudados .....	142
Tabela 19 – Comparação geral, entre alturas, dos valores de PMV obtidos na primeira avaliação com base no índice .....	143

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	17
1.1. PROBLEMÁTICA .....	18
1.2. JUSTIFICATIVA .....	19
1.3. HIPÓTESE .....	20
1.4. OBJETIVOS .....	20
1.5. MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....	21
1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1. ANTÁRTICA E A PRESENÇA BRASILEIRA NA REGIÃO AUSTRAL .....	25
2.2. MÓDULOS ANTÁRTICOS EMERGENCIAIS .....	39
2.3. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO .....	45
2.4. CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES.....	49
2.4.1. Conceituações gerais .....	49
2.4.2. Abordagens, modelos e índices .....	55
2.4.2.1. <i>Abordagem de balanço de calor</i> .....	58
2.4.2.2. <i>Abordagem adaptativa</i> .....	61
2.4.2.3. <i>Modelo PMV-PPD e adaptações</i> .....	63
2.5. ISO 7730:2005, ASHRAE 55:2010 E OUTRAS NORMAS DE REFERÊNCIA.....	65
2.6. CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES .....	72
3. MÉTODOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA A AVALIAÇÃO .....	74
3.1. AVALIAÇÃO A PARTIR DO PONTO DE VISTA DOS USUÁRIOS .....	75
3.2. AVALIAÇÃO TÉCNICA .....	77
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	87
4.1. AVALIAÇÃO PRELIMINAR GERAL .....	87

4.2. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS AMBIENTES EM RELAÇÃO ÀS VARIÁVEIS TÉRMICAS AMBIENTAIS .....	88
4.3. CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURAS EXTERNA E INTERNA ..	92
4.4. ANÁLISE DESCRITIVA DA TEMPERATURA OPERATIVA NOS AMBIENTES FRENTE À ISO 7730:2005 E À ASHRAE 55:2010.....	95
4.5. CONTROLE DA TEMPERATURA OPERATIVA NOS AMBIENTES ..	105
4.6. DIFERENÇAS VERTICAIS DA TEMPERATURA DO AR NOS AMBIENTES .....	116
4.7. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS USUÁRIOS .....	128
4.8. PRIMEIRA AVALIAÇÃO COM BASE NO PMV .....	140
4.9. SEGUNDA AVALIAÇÃO COM BASE NO PMV .....	143
4.9.1. Situações mais prováveis .....	144
4.9.2. Comparativo entre cenários .....	149
4.9.3. Comparativo entre períodos.....	157
4.9.4. Comparativo entre ambientes .....	161
4.9.5. Comparativo entre horas .....	163
4.9.6. Comparativo entre os resultados de PMV e os votos reais de sensação e preferência térmica dos usuários.....	169
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	174
6. REFERÊNCIAS .....	179
APÊNDICE A - Questionário de Avaliação Geral dos MAE.....	186
APÊNDICE B - Questionário de Conforto Térmico nos MAE .....	191

## 1. INTRODUÇÃO

Os brasileiros estão presentes na região austral desde o final do século XIX, tendo a Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF sido instalada em 1984, na Península Keller, Ilha Rei George, com a integração do Brasil como membro consultivo do Tratado Antártico, e seu consequente estabelecimento no panorama internacional, na mesma década (SOUZA et al., 2008).

Acompanhando o desenvolvimento das pesquisas e o crescimento do prestígio brasileiro, com o passar dos anos a Estação passou por ampliações e reformas até atingir aproximadamente 2500 m<sup>2</sup> no corpo principal e capacidade para alojar até 65 pessoas, dentre pesquisadores, militares, equipe de manutenção e visitantes (FANTICELE, 2011).

A atenção às condições de uso das edificações e ao seu desenvolvimento ordenado foi crescente, com a confecção de amplos diagnósticos de sua estrutura física, bem como a elaboração do zoneamento ambiental de uso para a Península Keller e do Plano Diretor da Estação, além das constantes melhorias na sua infraestrutura (SOUZA et al., 2008).

Apesar de todos os esforços para gerir e manter o melhor funcionamento e integridade das edificações, após 28 anos apoiando a comunidade científica, em fevereiro de 2012, a Estação sofreu um incêndio, que destruiu o corpo principal de suas instalações (SECIRM, acesso em 25 jun. 2015).

Para apoiar a retirada dos escombros do incêndio e, principalmente, a continuidade das atividades científicas, foram instalados próximo ao local os denominados Módulos Antárticos Emergenciais – MAE, que estão em uso desde o início de 2013 (MECH, 2013).

Os MAE foram construídos a partir de sistema construtivo inovador, com o uso de contêineres expansíveis de rápida instalação, equipados de fábrica, devendo possuir vida útil mínima de cinco anos, com possibilidade de desmonte e relocação (MECH, 2013).

### 1.1. PROBLEMÁTICA

Considerando-se os preceitos do Protocolo ao Tratado Antártico sobre Proteção ao Meio Ambiente, com o fato da energia utilizada para aquecimento do ambiente interno dos MAE ser obtida a partir da queima de combustível fóssil, há uma natural preocupação com relação ao impacto produzido.

Por outro lado, há de se considerar que o conforto térmico é reconhecido como um parâmetro chave para um ambiente seguro, saudável e produtivo (TAYLOR; FULLER; LUTHER, 2008).

Entende-se que, ao se trabalhar com edificações localizadas num ambiente extremo e ao mesmo tempo frágil, que é o caso do meio antártico, e ainda sendo estas edificações caracterizadas como estações científicas, torna-se imprescindível que haja esforços para se garantir o seu melhor funcionamento, atendendo aos seus propósitos e com o menor impacto no ambiente. Logo, a princípio, indaga-se sobre o desempenho<sup>1</sup> destas edificações, considerando-se a qualidade do ambiente habitado pelos seus usuários<sup>2</sup> e o impacto no entorno.

A NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2013) lista o ‘desempenho térmico’ e o ‘impacto ambiental’ como fatores, dentre outros, que expressam as exigências dos usuários relativas à ‘habitabilidade’ e à ‘sustentabilidade’, respectivamente. Dessa forma, considerando-se sua relevância para o desempenho geral das edificações, estes fatores foram incluídos na problemática da pesquisa apresentada.

Quanto ao conforto ambiental, embora seja desejável que a análise seja efetuada no conjunto de fatores de interferência, que são diversos, a divisão em partes do conhecimento torna-se necessária em função das metodologias e instrumentações diversificadas para cada elemento de análise (ALVAREZ; YOSHIMOTO, 2004). Dessa forma, dado o enfoque da pesquisa, questionou-se principalmente a respeito do desempenho e das condições de conforto térmico dos MAE, considerando-se a segurança e o bem-estar dos usuários, bem como a influência nos gastos energéticos e, conseqüentemente, no impacto gerado ao meio-ambiente.

---

<sup>1</sup> A NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2013) define desempenho como o “comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas”.

<sup>2</sup> Entende-se como usuário “a pessoa que ocupa a edificação habitacional” (ABNT, 2013).



## 1.2. JUSTIFICATIVA

Considerando o exposto, as questões relacionadas ao desempenho higrotérmico das edificações antárticas, sejam elas permanentes ou provisórias, são de grande importância, visto ser um dos fatores responsáveis pela segurança dos usuários e pelo impacto ambiental ocasionado pela queima de combustível fóssil.

Também existe a preocupação em avaliar o desempenho dos ambientes internos pelo fato da técnica construtiva dos MAE ser diferenciada, sendo que os resultados da avaliação podem induzir a aprimoramentos, assim como novos projetos ou novas pesquisas correlacionadas a ambientes extremos.

Ainda há que se considerar que em ambientes extremos, quaisquer eventuais desequilíbrios do meio e/ou da habitação e seus sistemas podem ocasionar consequências potencializadas quando comparadas com os meios urbanos tradicionais, referindo-se, em especial, às condições de conforto ambiental (ALVAREZ; YOSHIMOTO, 2004). Incluem-se nessa situação as questões relacionadas particularmente ao desempenho e conforto térmico, e sua influência no bem-estar das pessoas, assim como no impacto ao meio-ambiente.

Em síntese, partiu-se do pressuposto de que, em locais extremos, particularmente no ambiente antártico, é desejável que se alcance o equilíbrio e a harmonia das habitações com o meio, sendo um dos aspectos a ser considerado o que se refere ao desempenho e conforto térmico.

### 1.3. HIPÓTESE

A partir das investigações iniciais nos MAE, onde foi realizada uma avaliação técnica preliminar no local, somada à pesquisa de referências e levantamentos junto aos usuários, foram identificadas algumas questões relacionadas à temática apresentada, que alicerçaram a construção da hipótese de trabalho:

**Os MAE, instalados na Península Keller, Antártica, cumprem a função de oferecer adequadas condições de desempenho térmico, proporcionando conforto aos seus usuários.**

Dessa forma, foi pressuposto que, de maneira geral, o desempenho e as condições de conforto térmico no ambiente interno são satisfatórios, em conformidade com o que é disposto nas normas técnicas aplicáveis, e consoante aos relatos dos usuários.

Ressalta-se que um dos principais aspectos no que se refere ao desempenho em questão é a capacidade da edificação em manter a temperatura interna controlada e estável, considerando-se o isolamento da envoltória e o sistema de aquecimento.

### 1.4. OBJETIVOS

Tendo sido considerada a natureza deste trabalho, seu enfoque e a hipótese em questão, apresentam-se os objetivos da pesquisa.

#### **Objetivo geral**

A fim de se testar a hipótese apresentada, o objetivo geral da pesquisa foi realizar uma avaliação de desempenho nos MAE, em fase de uso, com enfoque no conforto térmico propiciado pela edificação.

Para atingir esse objetivo maior, foram definidos objetivos específicos, cumpridos em etapas, conforme a seguir apresentado.

## **Objetivos específicos**

Os objetivos específicos consistiram em:

- Realizar uma avaliação geral dos MAE, considerando-se tanto o ponto de vista técnico quanto o dos usuários;
- Avaliar o comportamento das variáveis térmicas de temperatura e umidade nos ambientes e realizar a análise dos resultados frente às normas, a fim de se verificar sua adequabilidade;
- Verificar a correlação entre a temperatura externa e a interna, considerando-se o desempenho da envoltória e do sistema de aquecimento;
- Estimar o grau de conforto dos usuários a partir do cálculo dos índices apropriados e de levantamentos desenvolvidos junto aos mesmos, reconhecendo suas percepções e seu comportamento em uso;
- Propor diretrizes para melhorias na edificação e, também, para o aprimoramento dos métodos empregados em estudos análogos.

### **1.5. MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Com base nos objetivos e conforme definições de Gil (2002), a pesquisa apresentada pode ser classificada como: (i) descritiva, por buscar descrever os fenômenos observados, utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como questionários e a observação sistemática; e (ii) explicativa, por buscar explicar a razão dos fenômenos, identificando os fatores que determinam ou que contribuem para sua ocorrência.

Visando-se atingir os objetivos propostos, foram definidos os procedimentos utilizados para o desenvolvimento do trabalho, que foram divididos em etapas sequenciais, para sua melhor ordenação e facilidade de compreensão, conforme apresenta o Quadro 1.

Quadro 1 – Síntese dos procedimentos metodológicos da pesquisa

<b>Etapas I</b> Embasamento teórico	Levantamento bibliográfico e documental	Sobre o objeto de estudo e seu contexto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antártica e a presença brasileira na região austral</li> <li>• Módulos Antárticos Emergenciais (MAE)</li> </ul>
		Sobre a temática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação Pós-Ocupação (APO)</li> <li>• Conforto térmico em edificações</li> <li>• Normas técnicas</li> </ul>
<b>Etapas II</b> Reconhecimento do objeto de estudo, instrumentação e coleta de dados	Para avaliação técnica		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visitas exploratórias</li> <li>• Instalação de sensores higrotérmicos em ambientes selecionados para medição de temperatura e umidade</li> <li>• Obtenção de dados meteorológicos da área da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF)</li> </ul>
	Para avaliação a partir do ponto de vista dos usuários		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração e aplicação de questionários junto aos usuários</li> </ul>
<b>Etapas III</b> Obtenção dos resultados	Tratamento e sistematização dos dados coletados		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de planilhas e tabulações</li> <li>• Cálculos do índice de conforto térmico adotado, nos ambientes</li> <li>• Elaboração de gráficos, quadros e tabelas</li> </ul>
<b>Etapas IV</b> Análise dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise das respostas obtidas nos questionários</li> <li>• Análise dos coeficientes obtidos, com referência às normas</li> <li>• Análise estatística dos dados medidos e coletados com gráficos e tabelas</li> <li>• Análise comparativa entre os resultados</li> </ul>		
<b>Etapas V</b> Síntese e conclusão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação final a respeito do desempenho e conforto térmico nos MAE, com eventuais proposições de melhorias</li> <li>• Avaliação da metodologia e dos procedimentos adotados</li> <li>• Proposições para trabalhos análogos e identificação de lacunas</li> </ul>		

Fonte: o autor.

Com base nos procedimentos técnicos utilizados e conforme definições de Gil (2002), a pesquisa apresentada pode ser classificada como: (i) experimental, por determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que as

variáveis produzem no objeto; e (ii) de levantamento, pela interrogação direta aos usuários, com a coleta e a análise das respostas.

Quanto à abordagem, conforme definições de Fonseca (2002), a pesquisa em questão pode ser classificada como: (i) qualitativa, por lidar com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, em busca da compreensão e da explicação dos fenômenos; e (ii) quantitativa, pela objetividade, com a análise de dados brutos, recorrendo à estatística para descrever as causas dos fenômenos e as relações entre as variáveis. Segundo Fonseca (2002, p. 20), “a utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente”.

Também é possível identificar o tipo da pesquisa, quanto à sua natureza, como aplicada, conforme definições de Gerhardt e Silveira (2009), por gerar conhecimentos para aplicação prática, voltados à solução de problemas específicos, envolvendo interesses locais.

## 1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Seguindo-se a ordem do método de desenvolvimento da pesquisa, de forma a facilitar sua compreensão e a leitura, a dissertação foi subdividida em seis capítulos, sendo que a partir deste primeiro capítulo introdutório ela se organiza da seguinte forma:

- Capítulo 2 – Consiste da revisão bibliográfica sobre os principais temas abrangidos pela pesquisa e seu objeto de estudo, na seguinte ordem: Antártica e a presença brasileira na região austral, os Módulos Antárticos Emergenciais (MAE), Avaliação Pós-Ocupação (APO) do ambiente construído, conforto térmico em edificações e normas relacionadas;
- Capítulo 3 – Descreve os procedimentos e os instrumentos utilizados para a coleta de dados, bem como diretrizes, parâmetros e índices adotados para a avaliação de desempenho e conforto térmico nos MAE, considerando tanto o ponto de vista técnico quanto o dos usuários;

- Capítulo 4 – Apresenta e discute os resultados obtidos a partir da sistematização dos dados coletados com as medições ou junto aos usuários e colaboradores, e dos cálculos realizados, com os gráficos, tabelas e quadros elaborados, e sua análise;
- Capítulo 5 – Compreende as últimas conclusões, considerando os principais resultados e avaliando se os objetivos da pesquisa foram alcançados, bem como indicando lacunas e direcionamentos para trabalhos correlatos;
- Capítulo 6 – Lista as referências consultadas e utilizadas para o desenvolvimento do trabalho que são citadas no decorrer do texto da dissertação, dentre artigos, trabalhos acadêmicos, livros, normas e outras.

Por fim, nos apêndices, são apresentados os modelos dos questionários aplicados aos usuários dos MAE.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Gil (2002), a revisão bibliográfica é dedicada à contextualização teórica do problema e a seu relacionamento com o que tem sido investigado a seu respeito, devendo esclarecer os pressupostos teóricos que dão fundamentação à pesquisa e as contribuições proporcionadas por investigações anteriores.

Seguindo-se esses preceitos, e conforme foi indicado na estrutura da dissertação, nos tópicos a seguir são apresentados os principais temas abrangidos pela pesquisa, iniciando-se pelo que diz respeito ao contexto em que o objeto de estudo está inserido.

### 2.1. ANTÁRTICA E A PRESENÇA BRASILEIRA NA REGIÃO AUSTRAL

Desde a antiguidade a Antártica é objeto de atenção, curiosidade e investigação, e há séculos várias nações têm demonstrado interesse pela região ao despertarem para sua relevância histórica, estratégica, econômica e científica (ALVAREZ, 1995). Diversos são os interesses na Antártica, os quais muitas vezes se cruzam, como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Principais interesses na região antártica

(continua)

<b>Interesse estratégico</b>	<p>Pela importância política na comunidade internacional e por sua localização geográfica.</p> <p>A passagem entre os oceanos Atlântico e Pacífico pelo Estreito de Drake é fundamental tanto no aspecto de estratégia militar como econômico.</p>	
<b>Interesse científico</b>	<p>Ciências atmosféricas</p>	<p>A Antártica é conhecida por ser um grande laboratório natural, visto que sua condição de difícil acesso contribui para a conservação do ambiente. Assim, os estudos desenvolvidos na região assumem importância global no entendimento de fenômenos planetários relacionados à poluição ambiental, mudanças climáticas, “buraco de ozônio”, “efeito estufa” e suas consequências.</p> <p>A meteorologia reveste-se ainda de um caráter econômico relevante principalmente para a agricultura dos países do hemisfério sul.</p>

Quadro 2 – Principais interesses na região antártica

(conclusão)

<b>Interesse científico</b>	Ciências da vida	<p>Os principais objetos de pesquisa e razões para seu estudo são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krill: por ser o principal elemento da cadeia trófica e por sua potencialidade energética.</li> <li>• Peixes antárticos: possibilidade de aproveitamento econômico e lições dadas pela adaptação às características extremas do meio.</li> <li>• Insetos: embora raros na região, os poucos induzem a interessantes pesquisas, tais como as relacionadas com a mosca sem asas, <i>bélgica antártica</i>, em que os resultados podem induzir à especulações quanto a possíveis formas de vida em outros planetas.</li> <li>• Aves: suscitam importantes questionamentos relacionados, por exemplo, à adaptação de espécies ao meio extremo e a rotas migratórias.</li> <li>• Seres humanos: adaptação e modificações metabólicas e psicológicas quando em ambiente antártico.</li> <li>• Algas: responsáveis por grande parte da fotossíntese do planeta, encontram-se notadamente concentradas nos mares do sul, sendo as imediações da Antártica consideradas o maior absorvedor do CO<sub>2</sub>.</li> </ul>
	Ciências da terra	<p>Os principais estudos desenvolvidos na área e razões de seu desenvolvimento são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudos geológicos: para mapeamentos (pelo aspecto estratégico) e relacionados a potencialidades de recursos minerais (pelo aspecto econômico). Há indícios da existência de ouro, prata, cobre, carvão, ferro e petróleo na região.</li> <li>• Glaciologia: através da análise das camadas de deposição da neve, desvenda-se a história evolutiva da Terra pelos elementos e substâncias que foram se depositando com o tempo, sendo aprisionadas no gelo.</li> <li>• Análise de fósseis: também fornece informações sobre a história evolutiva da Terra.</li> </ul>
<b>Interesse econômico</b>	<p>As primeiras viagens nas imediações da Antártica foram movidas principalmente pelo interesse econômico que a caça, a pesca e a produção de óleo de baleia despertavam.</p> <p>Na Antártica, está contida grande parte das riquezas que já estão se esgotando no planeta, sendo que além dos recursos já mencionados e seus potenciais econômicos, sabe-se que a maior parte da água doce do planeta encontra-se no continente gelado.</p>	

Fonte: elaborado a partir de Alvarez (1995); Alvarez (2014); e Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM (acesso em 25 jun. 2015).

Apesar do proveito econômico muitas vezes se sobressair ou se esconder por detrás do interesse científico, as pesquisas podem ser o elo entre as muitas nações com atividades na Antártica, o que também dá a estas um caráter político pronunciado (ALVAREZ, 1995).



A presença brasileira na região antártica se justifica pelos interesses gerais apresentados, bem como por razões específicas e correlatas. Segundo Souza e outros (2008), como o Brasil se situa no hemisfério sul, o estudo das ciências atmosféricas na região antártica fornece maior confiabilidade nas previsões meteorológicas, que influenciam na produção agrícola brasileira. Alvarez (2014) explica que muitas frentes frias originadas na Antártica e que alcançam o Brasil interferem diretamente na agricultura, assim como as correntes oceanográficas, cuja dinâmica está estreitamente relacionada às atividades pesqueiras no litoral brasileiro.

Também merece atenção o estudo das rotas migratórias de animais marinhos e aves da região, cuja inter-relação com a costa brasileira interfere, diretamente, tanto na produção pesqueira quanto nos atrativos turísticos, enquanto formadores da paisagem, e na contínua retroalimentação da cadeia trófica local (SOUZA et al., 2008). Conforme a Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM (acesso em 25 jun. 2015), a condição do Brasil de país atlântico, situado a uma relativa proximidade da região antártica, sendo o sétimo país mais próximo, e as influências dos fenômenos naturais que lá ocorrem sobre o território nacional, já justificam o histórico interesse brasileiro sobre o continente austral.

A Tabela 1 apresenta alguns dos principais fatos que marcaram a presença brasileira na Antártica, desde as explorações iniciais e as primeiras construções, que possibilitaram o desenvolvimento das pesquisas científicas e a afirmação do Brasil no panorama internacional, até os acontecimentos mais recentes.

Tabela 1 – Fatos que marcaram a presença brasileira na Antártica

(continua)

Ano	Acontecimento
1882	A Corveta Parnahyba, sob o comando do Capitão de Fragata Luiz Philippe de S. da Gama, leva a bordo o Dr. Luiz Antonio Cruls, Diretor do Observatório Astronômico, para observar a passagem de Vênus pelo disco solar, a partir do Estreito de Magalhães, durante as atividades vinculadas ao 1º Ano Polar Internacional <sup>3</sup> .
1957-1958	Realiza-se um extenso programa de pesquisas, especialmente nas áreas de meteorologia e oceanografia, durante o 3º Ano Polar.
1975	Brasil adere formalmente ao Tratado Antártico <sup>4</sup> .
1982-1983	Criação da Comissão Nacional para Assuntos Antárticos (CONANTAR) e do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), com realização da 1ª expedição brasileira, que tinha por principal objetivo a identificação de um local adequado para a instalação da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF).
1983-1984	Integração do Brasil como membro consultivo do Tratado Antártico e início da construção da EACF.
1984-1985	Adesão do Brasil ao SCAR ( <i>Scientific Committee on Antarctic Research</i> ou Comitê Científico de Pesquisa Antártica) e criação do CNPA (Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas); inauguração de Ferraz, e instalação dos refúgios <sup>5</sup> “Engenheiro Wiltgen”, na Ilha Elefante, e “Astrônomo Cruls”, na Ilha Nelson.
1985-1986	Ampliação da Estação, e montagem do Refúgio “Padre Balduino Rambo”, na Ilha Rei George.
1987-1988	Brasil sedia a XVI Reunião Consultiva do Tratado Antártico, firmando-se definitivamente no panorama internacional, e instala o Posto de Correio da EACF.
1988-1989	Instalação do Refúgio “Emílio Goeldi”, na Ilha Elefante.
1989-1990	Instalação de módulos isolados, afastados do corpo principal, com destaque para o laboratório de VLF ( <i>Very Low Frequency</i> ).
1990-1991	Incorporação do PROANTAR à RAPAL (Reunião Anual de Administradores dos Programas Antárticos Latino-americanos), e instalação do módulo de observações meteorológicas em Punta Plaza, na parte sul da Península Keller.
1991-1992	Instalação de novos módulos de meteorologia, química e refúgio para emergências, nos arredores da Estação.

<sup>3</sup> O Ano Polar Internacional é um evento mundial que busca reunir as nações que atuam nas áreas polares para realização de pesquisas científicas (SOUZA et al., 2008).

<sup>4</sup> O Sistema do Tratado Antártico – em vigência desde 1961 e, atualmente, com adesão de 52 nações – regula as atividades desenvolvidas na Antártica, incentivando aquelas de cunho científico, bem como a cooperação e a troca de informações, controlando o impacto gerado ao meio ambiente, além de impedir reivindicações territoriais e proibir atividades de cunho bélico (SECRETARIAT OF THE ANTARCTIC TREATY, acesso em 24 fev. 2015; ALVAREZ, 2014).

<sup>5</sup> Os refúgios são pequenas edificações, afastadas da estação principal, com uma infraestrutura mínima, capaz de suprir as necessidades básicas de uma instalação em um local isolado (ALVAREZ, 1995).

Tabela 1 – Fatos que marcaram a presença brasileira na Antártica

(conclusão)

Ano	Acontecimento
1994	Brasil sedia a V RAPAL.
1996	Criação do Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas (CONAPA).
1997-1998	O Protocolo de Madri <sup>6</sup> entra em vigor; e, também, é estabelecido novo sistema de comunicações, por meio de convênio com a empresa ENTEL-Chile.
1998-1999	Brasil sedia a X RAPAL, e instala novo módulo estação de rádio de emergência, nas proximidades do corpo principal da Estação.
2000-2001	Elaboração de amplo diagnóstico da estrutura física da Estação e dos refúgios, e incremento dos meios de comunicação.
2002-2003	Participação de pesquisadores de 56 universidades na Operação Antártica XXI e consolidação da parceria com o PROANTAR por diversos ministérios, pelo Comando da Marinha e pelo CNPq.
2003-2004	Início dos procedimentos de revitalização de Ferraz, com construção de anexo na fachada frontal, e comemorações dos 20 anos da EACF.
2004-2005	Elaboração do zoneamento ambiental de uso para a Península Keller e aprovação do Plano Diretor da Estação, elaborado pelo Laboratório de Planejamento e Projetos da UFES; e instalação de um novo sistema de telecomunicações pela empresa Oi.
2005-2006	Realização de uma grande reforma nas edificações; e apoio brasileiro a programas antárticos de outros países.
2006-2007	Ampliação e melhorias na infraestrutura da EACF, com construção de novos ambientes e readequação de áreas, além de expansão, recuperação e reforma de módulos e ambientes existentes.
2007-2008	Participação do Brasil no 4º Ano Polar Internacional; implantação da Frente Parlamentar de Apoio ao Programa Antártica Brasileiro; instalação de novos tanques de óleo combustível, fornecidos pela PETROBRAS; e comemorações dos 25 anos da presença brasileira na Antártica, contando-se a partir do ano de criação do PROANTAR.
2012-2013	Incêndio no corpo principal da Estação; instalação dos Módulos Antárticos Emergenciais; e realização de concurso de projetos para as novas edificações.
2014	Brasil sedia a XXXVII Reunião Consultiva do Tratado Antártico.

Fonte: elaborada a partir de Alvarez (1995); Alvarez (2014); Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar - SECIRM (2014); SECIRM (acesso em 25 jun. 2015); Souza e outros (2008).

<sup>6</sup> Conforme Souza e outros (2008), o Protocolo de Proteção Ambiental para o Tratado Antártico, ou Protocolo de Madri, tem como principal objetivo designar a Antártica “uma reserva natural, dedicada à paz e à ciência”, estabelecendo que qualquer atividade deve ser planejada e conduzida visando a um “impacto menor ou transitório”, com avaliação prévia. Além de incentivar a cooperação entre as nações na proteção do meio ambiente, estabelece planos de contingência para o caso de emergências, proíbe reivindicações de mineração desvinculadas das pesquisas, e institui a relação de responsabilidade frente a danos causados ao meio ambiente (SOUZA et al., 2008).

O Brasil concentra suas atividades na Península Antártica (Figura 1), assim como grande parte dos países que desenvolvem pesquisas na região austral, em função dessa área apresentar condições climáticas mais amenas em comparação com o restante do continente e por ser geograficamente mais acessível (ALVAREZ, 1995).

Figura 1 – Localização da Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF



Fonte: adaptada de Martins e Alvarez (2013).

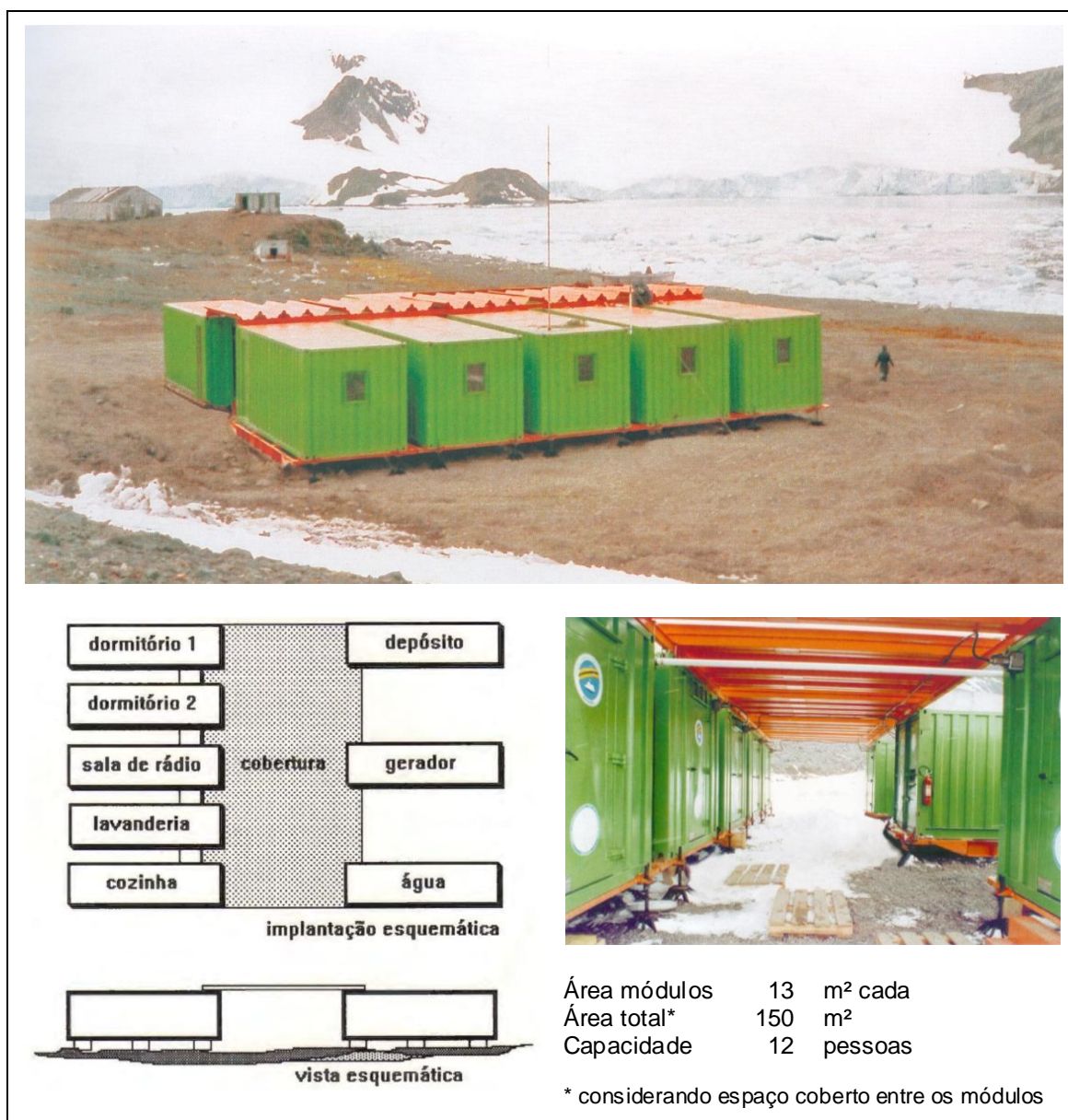
Segundo Souza e outros (2008), a escolha da Península Keller para ocupação brasileira se deve, principalmente, por sua orla pouco acidentada, o que facilita o apoio logístico a partir do mar, e por ter em frente uma baía de águas calmas, cercada por elevações, proporcionando uma área marítima abrigada para fundeio. Além disso, o terreno de implantação da Estação possui pequena declividade, facilitando a interligação dos contêineres, que desde as primeiras construções no local eram utilizados como estrutura principal, pela facilidade de transporte e instalação (SOUZA et al., 2008).

Sobre o sistema construtivo utilizado desde as primeiras construções brasileiras no local, de estrutura monobloco, os módulos eram confeccionados com vedação tipo “sanduíche”, preenchida com material isolante, geralmente com parte externa em aço corrugado, e com revestimentos variados (ALVAREZ, 1995; FANTICELE, 2011; WEATHERHEAVEN CANADA RESOURCES LIMITED – WCRL, 2012).

A infraestrutura brasileira presente na Península Keller foi crescendo junto com o desenvolvimento das pesquisas, como necessidade em função das novas exigências logísticas, e ampliando o prestígio do Brasil no panorama internacional, em decorrência das atividades científicas (SOUZA et al., 2008).

Em 1984, a Estação em sua primeira conformação era composta por oito contêineres metálicos, cada um com área de aproximadamente 13 m<sup>2</sup>, divididos em duas fileiras, formando um corredor coberto no meio, com pequeno afastamento entre eles, para evitar a propagação de fogo em caso de incêndio (Figura 2).

Figura 2 – Estação Antártica Comandante Ferraz em 1984

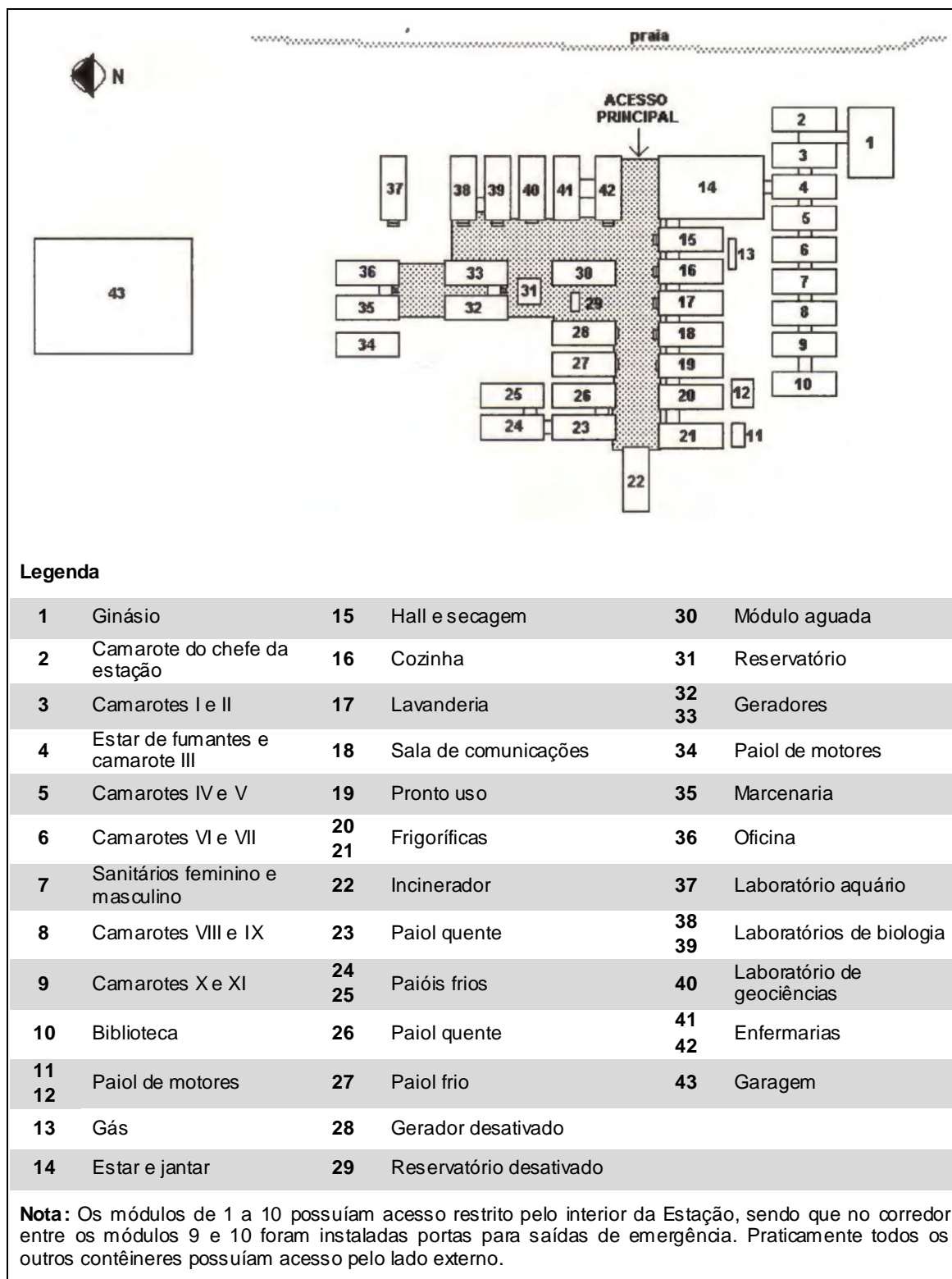


Fonte: elaborada a partir de Alvarez (1995) e Souza e outros (2008).

Considerando o espaço coberto entre os módulos, a área total da Estação era de 150 m<sup>2</sup>, abrigando uma sala que funcionava como área de pesquisa, comando, comunicações e estar; dois dormitórios, cada um com três beliches e armários; uma lavanderia com área de secagem de roupas e sanitário; uma cozinha, onde eram preparadas e servidas as refeições; um compartimento de geradores; um depósito com despensa; e local para tratamento de água. Neste estágio, a Estação podia acomodar 12 pessoas.

Já na terceira Operação Antártica (1984-1985), subsequente à construção e inauguração da Estação, foi feita uma ampliação, em que foram instalados 20 módulos adicionais e, no verão seguinte (1985-1986), ainda houve a instalação de mais 14 unidades, sendo seis deles de tanques para combustível. Durante a Operação Antártica de 1986-1987, o Brasil começou a dar demonstrações efetivas de preocupação com a preservação do ambiente e, dentro desse propósito, para aprimoramento da sua infraestrutura, instalou um incinerador para resíduos orgânicos. A Figura 3 apresenta um esquema da Estação após essas intervenções.

Figura 3 – Estação Antártica Comandante Ferraz em 1987: planta baixa esquemática

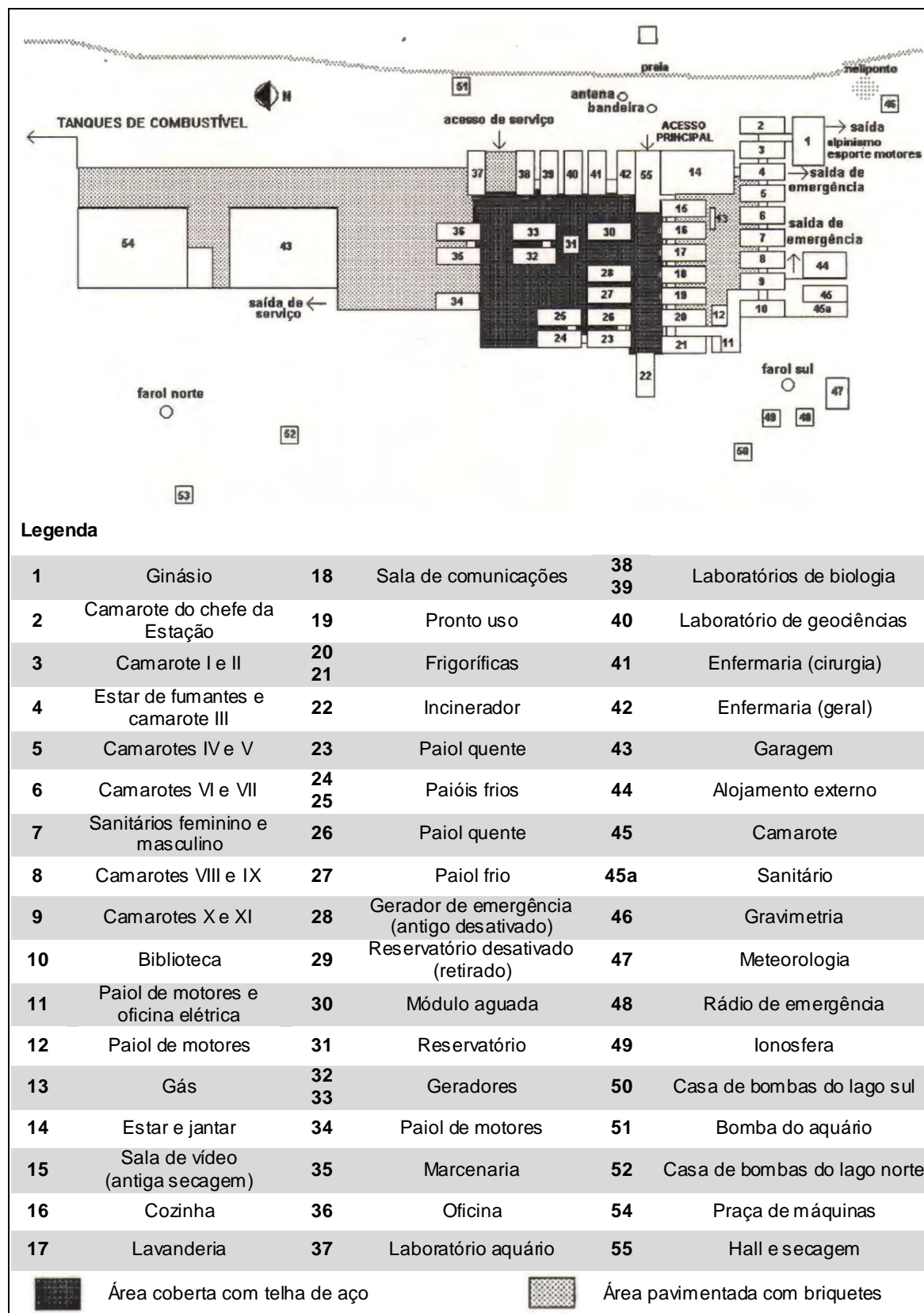


Fonte: adaptada de Alvarez (1995).

Em 1988, a Estação já continha mais de 50 módulos, com garagem e 16 tanques de combustível. A Figura 4 apresenta levantamento efetuado em 1992.



Figura 4 – Estação Antártica Comandante Ferraz em 1992: planta baixa esquemática



Fonte: adaptada de Alvarez (1995).

Em 1995, a Estação podia acomodar 30 pessoas, no verão, e 12, no inverno.



Conforme Souza e outros (2008), a Operação Antártica de 2005-2006, foi marcada pela revitalização da Estação, cujos procedimentos tiveram início na Operação Antártica de 2003-2004, com a construção de um anexo demarcando e enfatizando o acesso principal. Dessa forma, foi realizada uma grande reforma, buscando-se uma maior eficiência das edificações, principalmente nos aspectos relacionados às questões térmicas, acústicas, de energia, funcionalidade e segurança. As principais obras executadas no período foram: o início da ampliação do armazém de gêneros; instalação de uma câmara frigorífica adicional; reforma da sala de secagem e do espaço denominado de “pedágio”, por onde todos deviam passar para entrar na Estação, vindo de trabalhos externos; reforma do antigo módulo de química e do refúgio número dois; troca dos revestimentos do corredor entre camarotes; ampliação e modificação do mobiliário de alguns camarotes. Ressalta-se que os projetos executados, desenvolvidos pela equipe do Laboratório de Planejamento e Projetos da UFES, foram orientados pelo Plano Diretor da Estação, elaborado pelo mesmo laboratório e aprovado durante a Operação Antártica de 2004-2005. A Figura 5 apresenta uma vista geral da Estação em 2005.

Figura 5 – Vista geral da Estação Antártica Comandante Ferraz em 2005



Fonte: Souza e outros (2008, p. 154).

Na Operação Antártica de 2006-2007, a revitalização da Estação seguia em ritmo acelerado, sendo construídos um novo ginásio, uma nova biblioteca, uma nova garagem e um centro de processamento de dados. Também foram criados lavabos e uma nova ala de camarotes e sanitários, além de ter sido

implantada uma padaria. Ainda, houve expansão, recuperação e reforma de ambientes e módulos. As figuras 6 e 7 apresentam ambientes internos e a planta baixa do corpo principal após a revitalização.

Figura 6 – Ambientes internos da Estação Antártica Comandante Ferraz após a revitalização



Laboratório de múltiplo uso



Biblioteca



Sala de estar



Cozinha



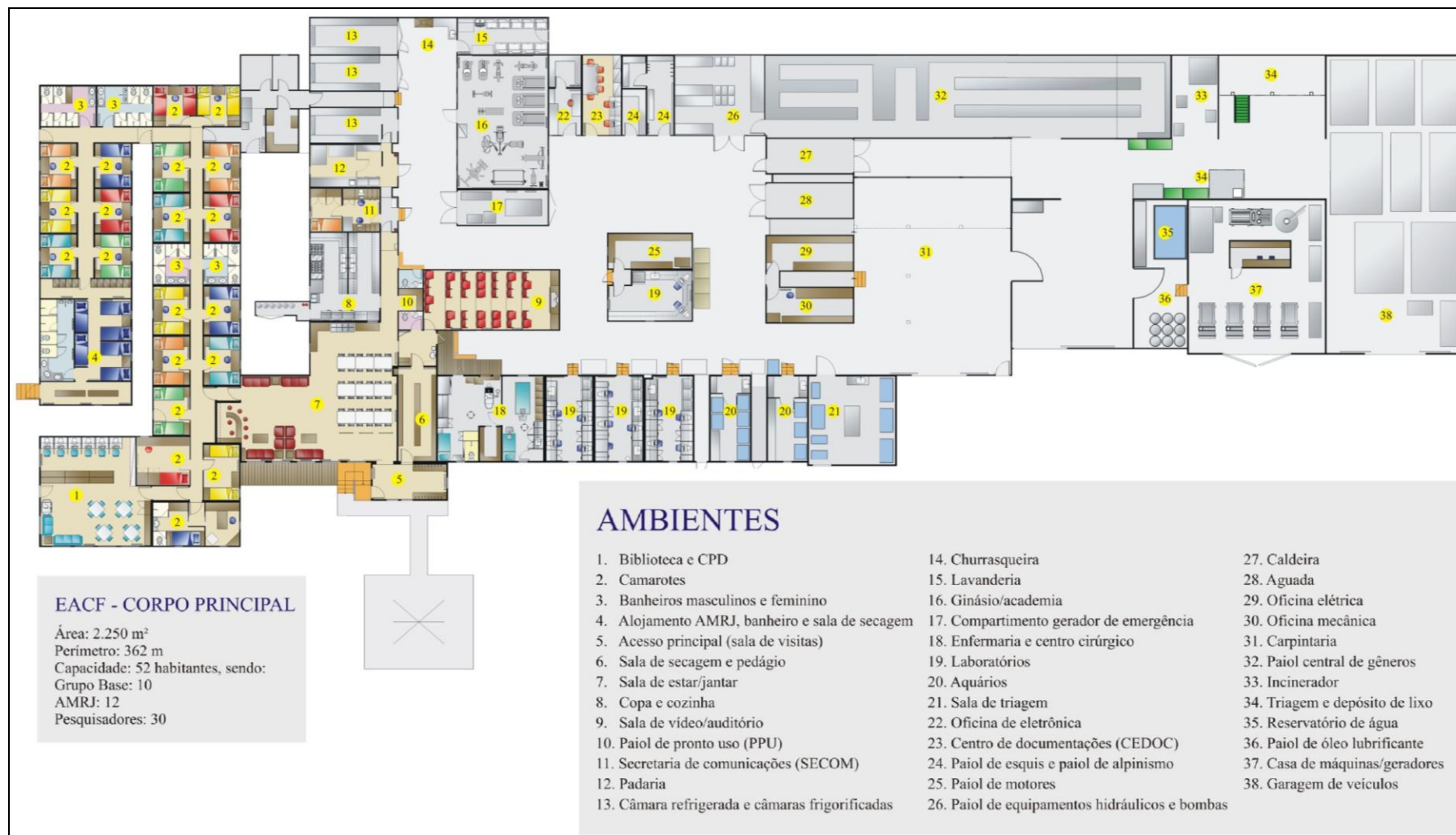
Academia



Paiol de esquis

Fonte: elaborado a partir de Souza e outros (2008) e Fanticlele (2011).

Figura 7 – Planta do corpo principal da Estação Antártica Comandante Ferraz após a revitalização



Fonte: acervo do Laboratório de Planejamento e Projetos – LPP, da UFES.



Em 2011, a Estação possuía cerca de 2500 m<sup>2</sup> no corpo principal e capacidade para abrigar aproximadamente 65 pessoas, com lotação máxima no verão, sendo que no inverno a ocupação se restringia ao Grupo Base (15 militares da Marinha) e à equipe de manutenção do Arsenal da Marinha do Rio de Janeiro, além de alguns pesquisadores (FANTICELE, 2011).

Após 28 anos apoiando a comunidade científica, em fevereiro de 2012, a Estação sofreu um incêndio, que destruiu o corpo principal de suas instalações e causou a morte de dois militares, que se empenharam no combate ao fogo. O incidente teria ocorrido por um derramamento de combustível durante a realização da faina de transferência na praça de máquinas, conforme explicado no excerto a seguir:

Na noite do dia 25 de fevereiro, quando houve o acidente, o suboficial havia deixado o posto, com a transferência em andamento, para participar da festa de despedida de uma pesquisadora. O incêndio teria ocorrido porque a transferência de combustível não foi encerrada em tempo hábil, levando ao transbordamento dos tanques. O contato do óleo com o gerador quente foi a principal causa do incêndio [...] (MORAIS, 2016).

Observa-se que os fortes ventos e os baixos índices de umidade absoluta da região Antártica, juntamente com o uso de materiais construtivos de fácil combustão, favorecem a propagação do fogo em caso de incêndio (ALVAREZ, 1995; MONTARROYOS, 2015). Dessa forma, esse tipo de incidente não é incomum na Antártica, já tendo acontecido em estações de outros países. Como exemplos mais recentes, pode-se mencionar o incêndio ocorrido na estação russa Progress, em 2008, que foi completamente destruída pelo fogo, com a morte de uma pessoa (REJCEK, 2008), e na estação argentina Belgrano II, em 2005, que ficou inutilizada (INSÓLITO, 2005).

Apesar do incidente ocorrido na EACF, as pesquisas científicas prosseguiram com os recursos disponíveis, com os laboratórios que não foram afetados, o Navio de Apoio Oceanográfico “Ary Rongel” e o Navio Polar “Almirante Maximiano”, além do apoio internacional (SECIRM, acesso em 25 jun. 2015).

## 2.2. MÓDULOS ANTÁRTICOS EMERGENCIAIS

Após o incêndio no corpo principal da Estação, foi providenciada a instalação dos Módulos Antárticos Emergenciais – MAE (MARINHA DO BRASIL, 2012; MECH, 2013), para servirem de apoio à retirada dos escombros e à continuidade das atividades desenvolvidas no local (Figura 8).

Figura 8 – Os Módulos Antárticos Emergenciais – MAE



Fonte: Acervo do Laboratório de Planejamento e Projetos – LPP, da UFES.

Para o desenvolvimento do projeto, produção e instalação dos MAE, foi realizado um processo seletivo a partir do qual se sucedeu a contratação de uma empresa canadense especializada em acampamentos e abrigos relocáveis de pronto uso, com ampla experiência em regiões polares e domínio no fornecimento desse tipo de instalações na Antártica (WEATHERHAVEN CANADA RESOURCES LIMITED – WCRL, 2012).

Atendendo-se ao Termo de Referência (MARINHA DO BRASIL, 2012), os MAE foram planejados para alojar até 66 pessoas, ou seja, uma população semelhante àquela da EACF, dentre militares e pesquisadores, tendo uma área total para habitação e apoio de 454 m<sup>2</sup> (WCRL, 2012). Dentre os condicionantes para seu projeto e instalação, destacam-se:

- **Clima:**

- **Temperatura externa** variando de -28,5°C – mínima absoluta registrada no local em 1991 – a 14,4°C – máxima absoluta registrada em 1998 –, considerando-se os registros obtidos até 2012, quando se elaborou o Termo de Referência (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS, apud MARINHA DO BRASIL, 2012).

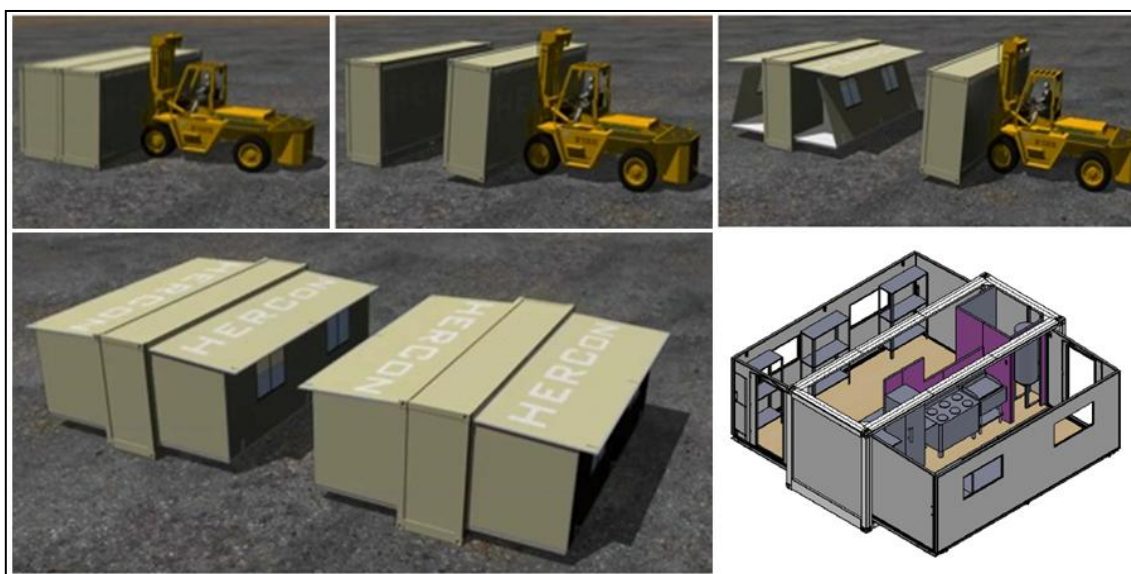
Observa-se que, conforme os dados de climatologia de Ferraz disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (acesso em 06 abr. 2016), abrangendo os anos de 1984 a 2013, a média das médias anuais foi de  $-1,8^{\circ}\text{C}$ , a média das mínimas foi de  $-4,1^{\circ}\text{C}$  e a média das máximas foi de  $0,6^{\circ}\text{C}$ ;

- **Carga de neve** com acúmulo de aproximadamente 1,5 m nos locais passíveis de instalação das unidades construídas e 50 cm para efeito de cálculo de coberturas planas (MARINHA DO BRASIL, 2012);
  - **Ventos fortes e constantes** de até 200 km/h, para efeito de cálculo, sendo que a rajada de vento mais veloz já registrada na EACF foi de 178 km/h, em 2010 (MARINHA DO BRASIL, 2012); e
  - **Mudanças climáticas** bruscas frequentes (MARINHA DO BRASIL, 2012).
- **Restrições em relação ao impacto causado ao meio-ambiente** durante a fase de construção e ao longo do tempo de uso das instalações, respeitando os preceitos do Tratado Antártico, com especial ênfase para o Protocolo ao Tratado da Antártida sobre Proteção ao Meio Ambiente, ou Protocolo de Madri (SECRETARIA DO TRATADO ANTÁRTICO, apud MARINHA DO BRASIL, 2012);
  - **Mínimo dispêndio energético**, com o máximo de eficiência, para o **conforto dos usuários** (MARINHA DO BRASIL, 2012);
  - **Proteção contra incêndio** em observância aos requisitos estabelecidos pelo Protocolo de Madri e pela *National Fire Protection Association* (MARINHA DO BRASIL, 2012); e
  - **Rapidez de montagem**, devido à urgência para a prontificação das instalações e aos possíveis imprevistos e intempéries, característicos para construções no local (MARINHA DO BRASIL, 2012).

Satisfazendo às questões logísticas, a solução técnica adotada incluiu um tipo original de módulo, patenteado pela empresa contratada, chamado HERCon (*Hard-Wall Expandable Redeployable Container* ou Contêiner Expansível e

Reimplantável de Parede Rígida). Trata-se de um módulo com formato de contêiner que amplia de tamanho: um HERCon Senior aberto possui área de quase três vezes a de um contêiner padrão ISO (International Standard Organization); e um par de HERCons Junior ( $\frac{1}{2}$  Senior) abertos possuem área de quase seis vezes a do mesmo contêiner padrão ISO (WCRL, 2012). A Figura 9 mostra um par de HERCons Junior, sendo separados e abertos, e um módulo de cozinha, equipado de fábrica.

Figura 9 – Contêiner expansível HERCon



Fonte: elaborada a partir de imagens de WCRL (2012).

Por ter formato e dimensões de contêiner, seu transporte por via marítima foi facilitado (figuras 10 e 11).

Figura 10 – Contêiner sendo colocado em balsa



Fonte: Acervo da SECIRM.

Figura 11 – Contêiner sendo transportado por balsa para o local de instalação



Fonte: Acervo da SECIRM.

Conforme Mech (2013), cada HERCon levou menos de uma hora para ser aberto, montado e fixado no local de instalação, com a mão de obra de três pessoas. Além dos HERCon, também foram utilizados contêineres padrões e



modificados, de acordo com a função a desempenhar, totalizando 39 unidades, sendo que os mesmos contêineres que vieram a compor o acampamento serviram para o transporte de ferramentas e materiais (MECH, 2013).

A maioria das unidades foi instalada na parte superior do heliponto pré-existente, localizado próximo de onde ficava o corpo principal da Estação. Aproveitando-se da superfície plana, nivelada, e bem estruturada do heliponto, economizou-se tempo e dispêndios que seriam necessários para a preparação de terreno (WCRL, 2012). Dessa forma, também se deixou livre a área destinada à construção das novas edificações permanentes da EACF, em substituição àquela que foi destruída no incêndio. Observa-se que foi definida outra área para o pouso das aeronaves, considerando-se sua necessidade eventual e relativamente fácil de ser realizada em outros locais menos especializados.

Alguns módulos, como o do laboratório, do incinerador e dos geradores de energia, foram instalados nas proximidades, minimizando-se a interferência no terreno e, desse modo, atendendo-se melhor às exigências ambientais pré-estabelecidas (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA, 2013).

A Figura 12 apresenta uma vista geral dos MAE, em que podem ser observados todos os módulos do complexo.

Figura 12 – Vista geral dos Módulos Antárticos Emergenciais

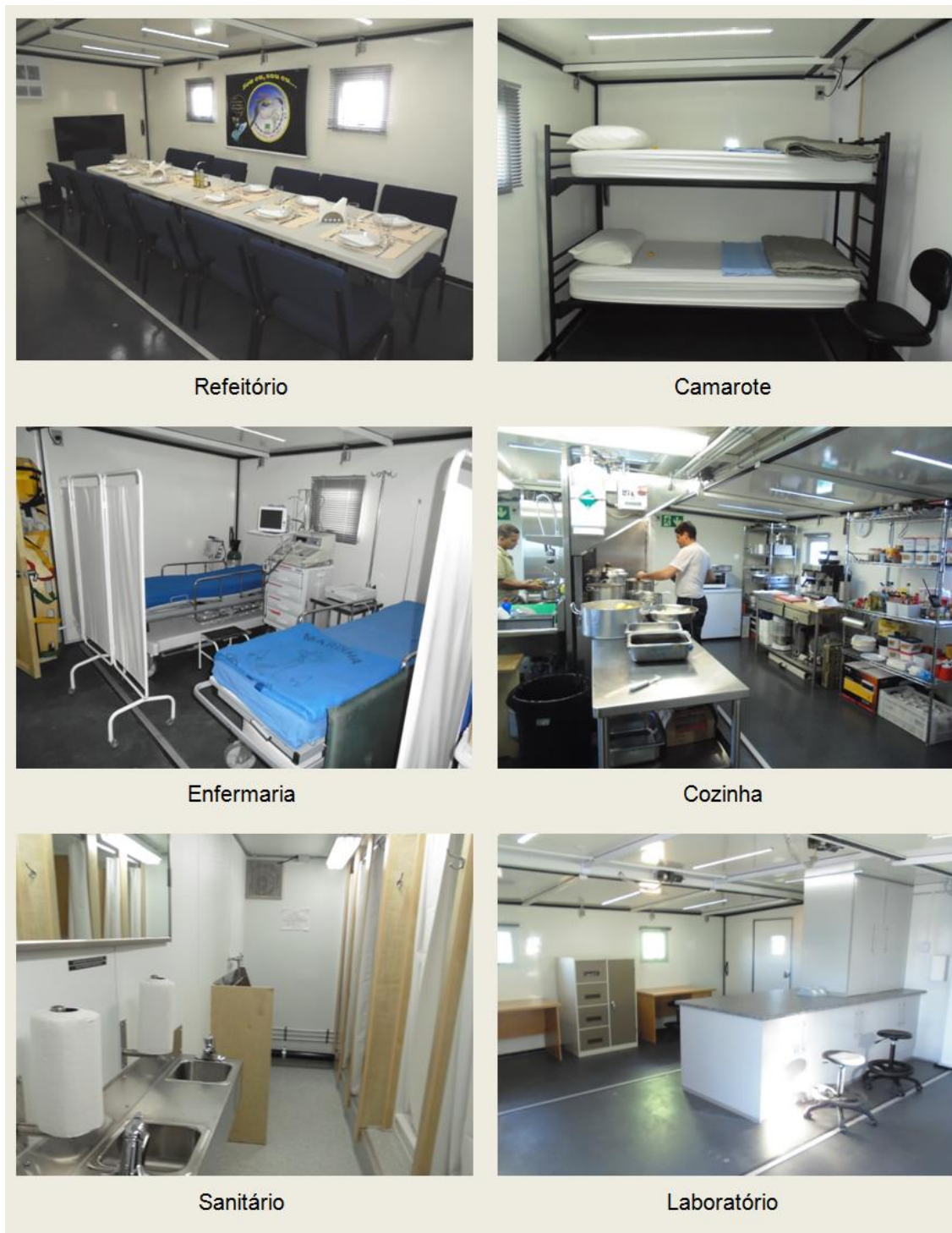


Fonte: Acervo da SECIRM.

As unidades foram construídas em cinco meses, após a assinatura do contrato, sendo que a montagem no local ocorreu em apenas 28 dias (MECH, 2013).

A Figura 13 apresenta alguns dos ambientes internos dos MAE.

Figura 13 – Ambientes internos dos Módulos Antárticos Emergenciais



Fonte: elaborada a partir de imagens do acervo da SECIRM.

Os MAE estão em uso desde março de 2013 (MECH, 2013) e, atendendo à demanda da SECIRM, devem possuir vida útil mínima de cinco anos, com possibilidade de desmonte e relocação (MARINHA DO BRASIL, 2012).

Visando-se o atendimento às necessidades dos usuários, de forma a representar o menor impacto ao meio-ambiente, resolveu-se verificar o desempenho da edificação, partindo-se dos preceitos determinados pela metodologia de Avaliação Pós-Ocupação, conforme é descrito a seguir.

### 2.3. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A Avaliação Pós-Ocupação, ou APO, pode ser definida como uma avaliação de desempenho de uma ou mais edificações em uso, configurando-se um método que fornece informações para um gerenciamento efetivo e econômico, que atenda às demandas e aos propósitos estabelecidos (MACLENNAN, 1991).

Conforme Ornstein e Romero (1992), a APO é uma das principais metodologias correntes de avaliação de desempenho de ambientes construídos, funcionando como um mecanismo de controle da qualidade global das edificações, no decorrer de sua vida útil.

Dessa forma, a APO é realizada após a conclusão do projeto e da construção, possibilitando avaliar o real desempenho da edificação, frente a determinados aspectos, assim como diagnosticar os principais problemas (STEVENSON, 2009).

Segundo Stevenson (2009), a APO tem sido desenvolvida como uma disciplina distinta por mais de 40 anos. Dentre os pioneiros no uso da APO, Ellis (1987) destaca o Ministério de Obras e Desenvolvimento do Governo da Nova Zelândia, que começou a realizar avaliações de edificações na década de 1970, conforme o autor, em resposta à pressão do governo central por maior responsabilidade na entrega de edifícios públicos. Nessa época, havia muitos debates acadêmicos a respeito do assunto, mas ainda poucas organizações estavam realmente avaliando as edificações de forma sistemática, como o governo neozelandês que, na década de 1980, já usava a APO regularmente (ELLIS, 1987).

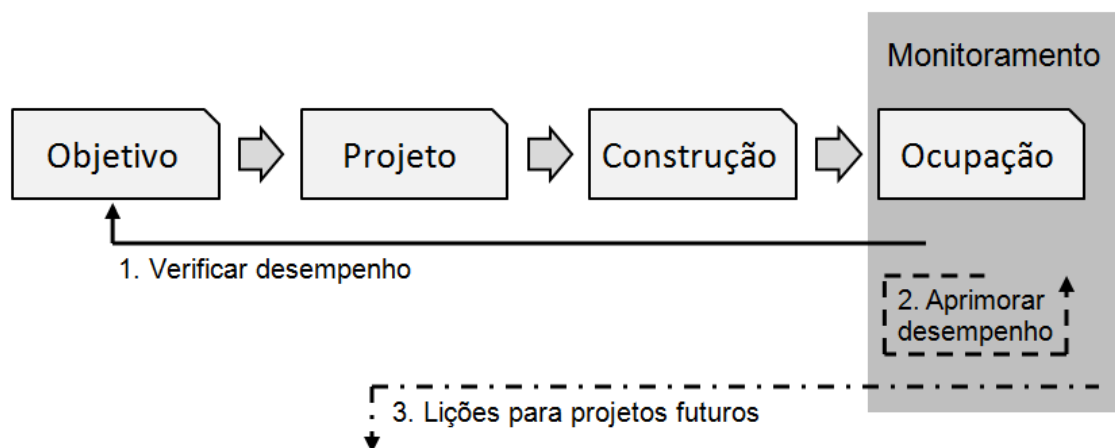
Outros países em que houve grande contribuição para o desenvolvimento e estabelecimento das bases da APO foram o Reino Unido e os Estados Unidos da América (STEVENSON, 2009). Com o crescimento da produção e do custo

das edificações, com sistemas cada vez mais sofisticados, junto à necessidade de sua gestão, o uso da APO passou a se difundir (ELLIS, 1987).

Segundo Guerra-Santin e Tweed (2015), há muitas técnicas para se monitorar o desempenho dos edifícios que são dispendiosas, demoradas, intrusivas, ou requerem conhecimento especializado, dificultando sua aplicação. Com isso, conforme os autores, geralmente as edificações estudadas se limitam àquelas em que há queixas graves, sendo que a avaliação é iniciada pela indústria, empresa ou instituição, e às consideradas especiais, de interesse para estudo. Por isso, na escolha da técnica a ser utilizada deve-se considerar o que realmente é relevante para a avaliação, dependendo das especificidades de cada situação, bem como a disponibilidade e o envolvimento dos usuários e outros interessados, de forma pragmática (GUERRA-SANTIN; TWEED, 2015).

Guerra-Santin e Tweed (2015) definem três razões principais para se conduzir a avaliação de um edifício: 1) verificar seu desempenho; 2) aprimoramento e melhorias; e 3) tirar lições para projetos futuros. A Figura 14 apresenta como se dão os objetivos da avaliação de edificações a partir do seu monitoramento.

Figura 14 – Objetivos da avaliação de edificações a partir do seu monitoramento



Fonte: adaptada de Guerra-Santin e Tweed (2015).

Os três propósitos principais da APO já tinham sido apresentados por Ellis (1987), de maneira similar a Guerra-Santin e Tweed (2015), sendo eles:

- (i) Gerenciamento – consultam-se os usuários, sem expectativa de mudanças imediatas, mas de forma a estabelecer uma maior cooperação e entendimento entre eles e os tomadores de decisão, ao mesmo tempo em que se gera um registro para futura referência;
- (ii) Aprimoramentos ou melhorias – os resultados da APO servem para o aprimoramento ou melhoria da área em que é feita a avaliação, resolvendo-se os problemas pela origem;
- (iii) Planejamento – neste caso, os resultados serão aplicados em outra extensão ou instalação, similar à avaliada, de forma que as informações obtidas de uma sirvam para a outra.

Dessa forma, Guerra-Santin e Tweed (2015) consideram que os principais benefícios da avaliação de edificações são: o retorno para os projetistas, incluindo vantagem competitiva; o desempenho aprimorado, incluindo custos operativos e serviços; e a contribuição para uma ampla base de conhecimento.

Segundo Ornstein e Romero (1992), a APO resgata a memória da produção do edifício, do projeto à construção, como subsídio de análise, mas prioriza aspectos de uso, operação e manutenção, considerando essencial o ponto de vista dos usuários. Quanto a este último ponto, parte-se do princípio de que, no dia-a-dia, o usuário experimenta e testa todos os aspectos da construção e sabe como o ambiente pode afetar seu bem-estar (ORNSTEIN; ROMERO, 1992; GOU; LAU, 2013).

Para obtenção de informações junto aos usuários são utilizados questionários, reuniões e/ou oficinas, em que cada envolvido tem um papel a desempenhar, de acordo com sua área de conhecimento e suas expectativas (ELLIS, 1987).

Dessa forma, o ocupante fornece uma medida subjetiva do edifício e age como sua memória, por exemplo, ao responder com que frequência sente calor dentro do edifício no verão (GOU; LAU, 2013). Além disso, há de se considerar que o ocupante pode influenciar diretamente no desempenho do edifício, através do seu comportamento em uso, com a operação e manutenção dos

sistemas, e também pode se beneficiar diretamente da avaliação (GUERRA-SANTIN; TWEED, 2015).

Uma avaliação completa precisa de uma abordagem multidisciplinar, com medidas qualitativas e quantitativas, relacionadas ao desempenho da edificação, assim como à experiência e percepção do usuário (STEVENSON, 2009). Dessa forma, a APO fornece um retorno subjetivo e objetivo, que pode informar o planejamento e a prática ao longo do ciclo de vida do edifício, do projeto inicial à ocupação (GOU; LAU, 2013).

Em outras palavras, conforme Ornstein e Romero (1992), combinando a avaliação técnica com o ponto de vista dos usuários, a APO pretende configurar uma avaliação global do edifício. Para tal, também se considera que a avaliação deve ocorrer tanto no nível micro, isto é, nos ambientes selecionados para amostragem, quanto no nível macro, ou seja, no edifício como um todo (ORNSTEIN; ROMERO, 1992).

A APO é um meio a partir do qual se podem conhecer as variáveis prioritárias em cada estudo e definir critérios para gerir o controle de qualidade do ambiente construído (ORNSTEIN; ROMERO, 1992). Por exemplo, tratar a APO juntamente com a questão do consumo energético das edificações pode levar ao melhor entendimento do que afeta o conforto térmico e o correspondente uso de energia (YANG; YAN; LAM, 2014). Dessa forma, a APO pode ser uma ferramenta importante para o desenvolvimento da sustentabilidade das edificações (GOU; LAU, 2013).

Partindo-se dos preceitos da metodologia de APO, foram considerados os aspectos mais relevantes para a avaliação do objeto de estudo do trabalho, direcionando-se o foco da pesquisa para o conforto térmico, entendendo-se sua importância para as edificações antárticas.

## 2.4. CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES

Segundo Frota e Schiffer (2003), os primeiros estudos acerca da influência das condições termo-higrométricas sobre o rendimento do trabalho foram desenvolvidos em 1916, por uma comissão norte-americana. Visava-se, principalmente, aos interesses de produção, surgidos com a Revolução Industrial, e a situações de guerra em que as tropas são deslocadas para regiões de climas diversos (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Observa-se que, conforme Taleghani e outros (2013), o conforto térmico tem sido discutido desde a década de 1930, integrando várias ciências, tais como fisiologia, física das construções, engenharia mecânica e psicologia.

### 2.4.1. Conceituações gerais

Segundo definição da ISO 7730 (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION – ISO, 2005), conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. A ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers – ASHRAE, 2010) completa a mesma definição, a partir da afirmativa de que essa condição da mente é estimada por uma avaliação subjetiva. Por sua vez, na NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2005), o conforto térmico é definido como a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

O sistema termorregulatório humano é mais complexo e incorpora mais princípios de controle do que qualquer sistema mecânico artificial, comportando-se de maneira não linear, por conter múltiplos sensores, retornos de resposta em circuito e saídas (HENSEL, 1981, apud DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010, p. 2633).

Além disso, o julgamento de conforto é um processo cognitivo, que envolve inúmeras variáveis, influenciadas por fatores físicos, fisiológicos e psicológicos, dentre outros (LIN; DENG, 2008).

Dessa forma, o conforto térmico também é influenciado por diferenças pessoais de humor, cultura e outros fatores individuais, organizacionais e sociais (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010).

Devido à combinação de todos esses fatores que afetam a percepção, as sensações térmicas são diferentes entre as pessoas, mesmo estando em espaços muito similares, sujeitas ao mesmo clima, e pertencendo a uma cultura em comum (KUCHEN; FISCH, 2009; MISHRA; RAMGOPAL, 2013).

E ainda que as condições térmicas satisfaçam a maioria dos ocupantes, sempre haverá insatisfeitos (ISO, 2005). Considerando-se as diferenças psicológicas e fisiológicas de uma pessoa para outra, torna-se difícil satisfazer a todos os ocupantes de um determinado espaço, uma vez que as condições ambientais exigidas para conforto não serão as mesmas (ASHRAE, 2010).

Segundo Frota e Schiffer (2003), as condições de conforto térmico são função principalmente da atividade desenvolvida pelo indivíduo, da sua vestimenta e das variáveis do ambiente que proporcionam as trocas de calor com o corpo. Além disso, os autores consideram outras variáveis, como sexo, idade, biótipo e hábitos alimentares. Quanto às diferenças de gênero, por exemplo, uma pesquisa realizada em Harbin, na China, com residentes locais, mostrou que as mulheres podem ser mais sensíveis a variações de temperatura, e que a temperatura operativa de neutralidade térmica<sup>7</sup> para os homens pode ser 1°C inferior (WANG, 2006).

Como a satisfação com o ambiente térmico é uma resposta subjetiva e complexa a diversas variáveis tangíveis e intangíveis em interação, também não há norma absoluta para o conforto térmico (OGBONNA; HARRIS, 2008). Afinal, predições para a condição de conforto são complexas por dependerem de fatores diversos (TALEGHANI et al., 2013).

Em geral, o conforto ocorre quando a temperatura do corpo é mantida dentro de uma faixa exígua de amplitude, a umidade da pele é baixa e o esforço fisiológico de regulação é mínimo, dependendo também de ações de

---

<sup>7</sup> Por neutralidade térmica se entende o estado físico no qual a densidade do fluxo de calor entre o ambiente e o corpo humano é igual à sua taxa metabólica, mantendo-se sua temperatura constante (ABNT, 2005). Observa-se que a neutralidade térmica não é necessariamente a condição térmica ideal, sendo que preferências por sensações térmicas de não neutralidade são comuns (VAN HOOFF, 2008).



comportamento, como mudar de roupa, de atividade, de postura e de localização, mexer nas configurações do termostato ou ingerir algo quente (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010). A saber, as respostas pessoais, tecnológicas e culturais são as três principais subclassificações dos ajustes de comportamento (YAO; LI; LIU, 2009). No caso de clima frio, poderiam ser representadas, por exemplo, pelas seguintes ações: sobrepor peças de roupa (resposta pessoal); aumentar a temperatura do aquecedor (resposta tecnológica); e tomar chá quente no final da tarde (resposta cultural).

Devido ao volume, à extensão e à heterogeneidade do corpo humano, quando há desconforto em alguma parte, isso acaba significando o desconforto do todo. Tendo isso em vista, a ISO 7730 (2005) e a ASHRAE 55 (2010) apresentam informações sobre desconforto térmico local, isto é, em partes do corpo. Segundo essas normas, os fatores mais comuns para desconforto local são: (i) assimetria da temperatura radiante (superfícies, como paredes ou teto, quentes ou frias); (ii) diferença vertical da temperatura do ar anormal entre cabeça e tornozelos; (iii) pisos frios ou quentes; e (iv) correntes de ar, que causam resfriamento local, sendo considerado o fator mais comum. Observa-se que as pessoas em atividade sedentária leve, tendo uma sensação térmica do corpo como um todo próxima de neutro, são mais sensíveis ao desconforto local (ASHRAE, 2010; ISO, 2005).

#### **- Quanto à importância do conforto térmico para a qualidade do ambiente habitado**

Uma pesquisa recente mostrou que as pessoas em geral consideram o conforto térmico como sendo mais importante que o conforto visual ou o acústico, por exemplo, quanto ao impacto na satisfação com o ambiente (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011). Estudos anteriores já apontavam para o mesmo, afirmando-se que o conforto térmico desempenha um papel de destaque em meio a outros parâmetros do ambiente interno (VAN HOOFF, 2008). No entanto, é inegável que, quando possível, a avaliação de conforto deve ser integrada em todas as suas formas, visto que o desconforto em um aspecto pode comprometer os demais (SCHMID, 2005).

O conforto térmico é reconhecido como um parâmetro chave para um ambiente saudável e produtivo (TAYLOR; FULLER; LUTHER, 2008; GOU; LAU, 2013). Frota e Schiffer (2003) consideram que, quando o indivíduo se encontra em estado de conforto térmico, sua potencialidade de trabalho, desse ponto de vista, é máxima. Afirmam que, na situação contrária, ou seja, de desconforto, há um esforço adicional para se conseguir um equilíbrio térmico com o ambiente, através da termorregulação, que apesar de ser o meio natural de controle de temperatura do organismo, representa sobrecarga, resultando em queda de rendimento no trabalho. Acrescentam que, dependendo das condições de rigor, essa sobrecarga pode levar à perda total da capacidade de trabalho, bem como ocasionar problemas de saúde. Além disso, correlacionam ambientes termicamente desconfortáveis com índices elevados de acidentes no trabalho.

#### **- Conforto térmico, eficiência energética e sustentabilidade**

Segundo Yang, Yan e Lam (2014), o setor da construção civil é mundialmente um dos maiores utilizadores de energia (40% da energia produzida), sendo que grande parte dessa energia é usada para a obtenção de conforto térmico nas edificações e que uma proporção significativa do aumento desse consumo é devido à propagação das instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado – AVAC. Por essas razões, têm sido desenvolvidos estudos, em vários países, que visam o aprimoramento da eficiência energética das edificações através do controle dessas instalações e do isolamento térmico das envoltórias (YANG; YAN; LAM, 2014). As condições de conforto e o comportamento dos ocupantes também podem ter um impacto significativo no desempenho e no impacto da edificação (BROWN, 2009).

Conforme Djongyang, Tchinda e Njomo (2010), com a necessidade urgente de se reduzir o custo econômico e ambiental inerente ao consumo de energia, investigações abordando muitos aspectos relacionados ao conforto térmico, em ambientes internos, atraíram pesquisadores por décadas. Dentre os aspectos de interesse, os autores destacam a busca pelo estabelecimento de modelos e índices de conforto, a realização de experimentos em câmaras climáticas e pesquisas de campo, e o desenvolvimento de métodos de avaliação, sendo

que as descobertas mais relevantes formam a base de normas nacionais e internacionais.

A aplicação das normas de conforto térmico é determinante para o consumo de energia dos sistemas (YAO; LI; LIU, 2009), sendo que em algumas situações essa energia envolve a queima de combustíveis fósseis, o que contribui para as emissões de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, as mudanças climáticas (KWOK; RAJKOVICH, 2010). Segundo Yang, Yan e Lam (2014), o setor da construção civil é responsável por 30% das emissões de dióxido de carbono.

Nos atuais sistemas de classificação de edifícios sustentáveis que visam mitigar as emissões de carbono, assim como garantir o conforto dos ocupantes, as exigências para o ambiente térmico referem-se, principalmente, às normas de conforto, como a ISO 7730 e a ASHRAE 55 (GOU; LAU, 2013). Dessa forma, os modelos e normas de conforto térmico desempenham um importante papel na sustentabilidade das edificações (YAO; LI; LIU, 2009). Com seu desenvolvimento, a partir dos estudos e das pesquisas na área, vão sendo apontadas estratégias para o melhor desempenho e conforto térmico com o menor impacto ao meio.

Segundo Yang, Yan e Lam (2014), a maioria dos estudos de caso relacionados ao conforto térmico e à eficiência energética enfatizam a simples configuração de um valor alvo de temperatura mais elevado para o verão ou a implementação de uma amplitude da temperatura interna maior e variável, para diferentes horários do dia e condições externas. Tendo em vista esses princípios, os autores apontam dois tipos principais de técnicas de controle para sistemas de aquecimento e resfriamento, que podem resultar em economia de energia, em locais diversos e de climas variados: estratégias de configuração do termostato (MOON; HAN, 2011); e controle dinâmico da temperatura alvo baseado em modelos adaptativos (PEETERS et al., 2009; SINGH; MAHAPATRA; ATREYA, 2011).

Também há uma tendência de se regular o clima interno comum em conformidade com as exigências dos modelos de conforto, enquanto que, em instância individual, as pessoas são equipadas com meios simples de controle do ambiente térmico direto (VAN HOOFF, 2008). De fato, a disponibilização de controles individuais pode contribuir para se equilibrarem as diferenças entre

exigências pessoais e, conseqüentemente, levar à redução do número de insatisfeitos (ISO, 2005).

Além disso, estratégias mais simples ou próprias para situações específicas podem ser propostas a partir da avaliação criteriosa de um ambiente existente ou projetado. Gou e Lau (2013), por exemplo, fizeram a avaliação de um edifício de escritórios e identificaram que as fontes potenciais de desconforto incluíam frio excessivo, no inverno, e baixas temperaturas perto das saídas de ar-condicionado, causando resfriamento local. Então, sugeriram que fossem disponibilizados aquecedores temporários ou portáteis durante dias muito frios, que as estações de trabalho fossem relocadas e que o ar resfriado fosse redirecionado, para evitar desconforto local.

Pode ser impraticável mudar as preferências pessoais, mas é possível controlar padrões de conforto exacerbados e dispendiosos, no que se refere ao consumo energético (FAN et al., 2013). Adequando-se os hábitos e as expectativas dos ocupantes, simultaneamente à adoção de estratégias de controle do clima interno, é possível haver progresso significativo com relação ao conforto e à conservação de energia, bem como à minimização do impacto ao meio-ambiente (FOUNTAIN; BRAGER; DE DEAR, 1996; YANG; YAN; LAM, 2014).

Quanto aos hábitos, para citar um exemplo, segundo De Dear e Brager (2002), diferenças aleatórias entre as vestimentas de uma pessoa para outra contribuem para o aumento das divergências entre indivíduos e da porcentagem de insatisfeitos de um grupo exposto ao mesmo ambiente térmico. Por outro lado, com a vestimenta adequada<sup>8</sup>, variando de acordo com a sensação térmica de cada pessoa, sendo normal que algumas sintam mais frio ou mais calor que o grupo, as diferenças entre indivíduos podem ser acomodadas por uma faixa única de temperatura (FOUNTAIN; BRAGER; DE DEAR, 1996) e diminuem junto com a porcentagem de insatisfeitos (DE DEAR; BRAGER, 2002).

---

<sup>8</sup> A vestimenta adequada para obtenção de conforto térmico será função da temperatura média ambiente, do movimento do ar, do calor produzido pelo organismo e, em alguns casos, da umidade do ar e da atividade desenvolvida pelo indivíduo (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Há, ainda, estudos que mostram ser possível aclimatizar as pessoas fisiologicamente a ambientes com temperatura alterada, sem comprometer sua aceitação térmica (CÂNDIDO; DE DEAR; OHBA, 2012).

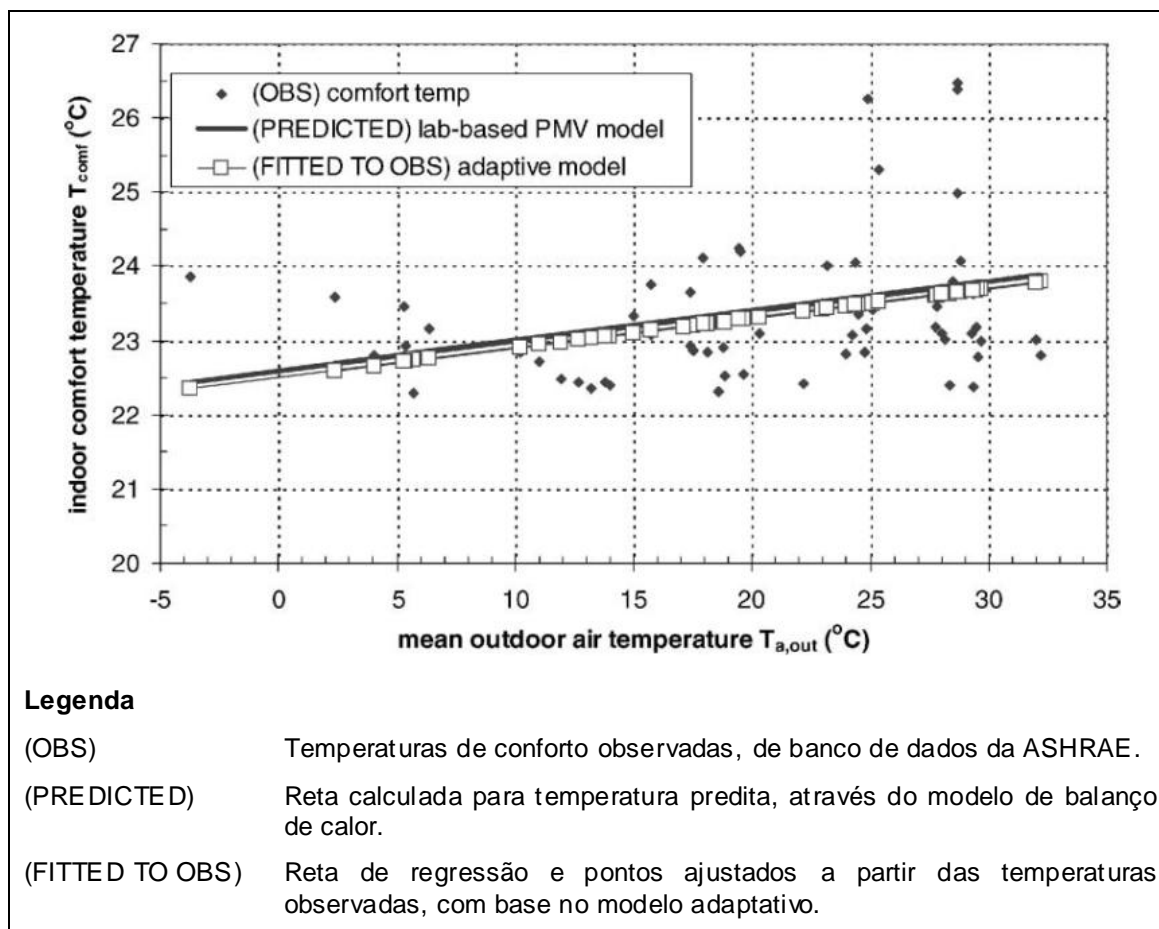
#### **2.4.2. Abordagens, modelos e índices**

Conforme Taleghani e outros (2013), em termos gerais, há duas abordagens para o estudo do conforto térmico, que configuram duas categoriais principais de modelos: (i) estáticos ou de estado estável, de abordagem racional ou de balanço de calor – abordagem tradicional; e (ii) adaptativos, de abordagem adaptativa. Os primeiros usam dados de experimentos extensivos e rigorosos, conduzidos em câmaras climáticas, enquanto os segundos são principalmente baseados em dados obtidos através de estudos de campo (TALEGHANI et al., 2013).

Cada abordagem tem suas potencialidades e limitações (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010). Os estudos em câmaras climáticas tendem a ter resultados bastante consistentes e reprodutíveis, enquanto que os estudos de campo conseguem se aproximar mais dos ambientes e circunstâncias reais do dia-a-dia, que são mutáveis e instáveis (YANG; YAN; LAM, 2014).

Anteriormente às últimas revisões da ISO 7730, foram apontadas algumas discrepâncias entre resultados obtidos por meio de estudos de campo e cálculos realizados a partir de modelos de balanço de calor, tanto em ambientes naturalmente ventilados quanto condicionados artificialmente (HUMPHREYS; FERGUS NICOL, 2002). Porém, em ambientes condicionados artificialmente, geralmente as diferenças entre as retas de regressão feitas para os valores observados, a partir do modelo adaptativo, e as calculadas, com base no modelo de balanço de calor, são muito pouco acentuadas, como pode ser observado no exemplo apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Temperaturas de conforto observadas, de banco de dados da ASHRAE, e retas, de regressão e calculada, com base nos modelos de abordagem adaptativa e de balanço de calor, respectivamente, em edificações condicionadas artificialmente



Fonte: adaptada de De Dear e Brager (2002).

Percebe-se que as duas retas, obtidas a partir dos dois modelos, quase se sobrepõem, observando-se que não está sendo discutida a precisão das retas, visto que há pontos de temperaturas de conforto observadas (OBS) bem distantes delas, principalmente quando a temperatura média externa fica acima dos 24°C.

Por conta das limitações da abordagem tradicional, passou-se a adotar uma visão mais abrangente e dinâmica do indivíduo, considerando sua capacidade de se adaptar ao ambiente em que se encontra (DONADELLO, 2014). Porém, a nova abordagem, adaptativa, que é baseada em regressões, tende a produzir resultados variados entre diferentes estudos de campo, ainda sendo necessários esforços para conciliar os modelos desse tipo de abordagem (HALAWA; VAN HOOFF, 2012).

Também há situações frequentes em que um ambiente térmico é considerado de estado não estático, o que pode impossibilitar a aplicação dos métodos baseados em modelos de balanço de calor (ISO, 2005). Essas situações são definidas como flutuações ou variações de temperatura com o tempo, que podem causar desconforto, quando acontecem fora do controle dos ocupantes (ASHRAE, 2010). A ISO 7730 (2005) menciona três tipos de condições de estado não estável:

(i) Ciclos de temperatura:

Podem ocorrer devido ao controle da temperatura em um espaço. Se a variação de pico a pico for menor que  $1,0^{\circ}\text{C}$ , não haverá influência no conforto e as recomendações para estado estável podem ser usadas. Conforme a ASHRAE 55 (2010), variações cíclicas referem-se a situações em que a temperatura operativa aumenta e diminui, repetidamente, em períodos de até 15 minutos, sendo que a variação aceitável é de  $1,1^{\circ}\text{C}$ .

(ii) Desvios ou declives de temperatura:

A ASHRAE 55 (2010) define esse tipo de condição como monotônica e não cíclica, a não ser que o ciclo exceda 15 minutos. Também considera que, geralmente, desvios se referem a mudanças passivas, enquanto declives a mudanças por controle ativo. A ASHRAE 55 (2010) estabelece limites para desvios e declives, apresentados na Tabela 2, enquanto que a ISO 7730 (2005) considera que os métodos para variação de estado estável se aplicam quando a gama de mudança de temperatura é menor que  $2,0^{\circ}\text{C/h}$ . Se as variações forem resultado de controle ou ajuste feito pelos usuários, podem ser aceitos valores maiores (ISO, 2005).

Tabela 2 – Limites para desvios ou declives de temperatura

Período de tempo (horas)	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0
<b>Mudança máxima de temperatura operativa permitida (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3

Fonte: adaptada de ASHRAE (2010).

## (iii) Transitórios:

Uma mudança radical de temperatura operativa é sentida instantaneamente. Após um aumento na temperatura operativa, a nova sensação térmica de estado estável é experimentada imediatamente, isto é, o modelo estático pode ser usado para prever conforto. Ou então, seguindo uma queda na temperatura operativa, a sensação térmica cai, a princípio, para um nível abaixo do predito pelos índices calculados, mas depois aumenta e alcança condições de estado estável, após aproximadamente 30 minutos. Neste caso, o modelo prevê valores que são muito elevados para os primeiros 30 min.

A seguir, são apresentados detalhadamente os dois tipos principais de abordagem, para que fiquem claras as razões da escolha do tipo adotado para a avaliação em questão.

#### 2.4.2.1. *Abordagem de balanço de calor*

Na abordagem de balanço de calor, assume-se que o sistema termorregulatório humano busca manter uma temperatura interna do corpo constante, através de respostas fisiológicas a todo desequilíbrio térmico com o meio, sendo a sensação térmica proporcional à magnitude dessas respostas (YANG; YAN; LAM, 2014). De certa forma, a pessoa é tratada como um recipiente passivo de estímulos térmicos do ambiente, que são regidos pela dinâmica das trocas de calor, sendo que este tende a se distribuir por igual, em toda parte (KWOK; RAJKOVICH, 2010).

#### **- Modelo PMV-PPD de Fanger**

Desenvolvido na década de 1960, pelo dinamarquês Povl Ole Fanger, a partir da abordagem de balanço de calor, o modelo PMV-PPD foi uma contribuição pioneira para a teoria do conforto térmico e para a avaliação dos ambientes térmicos internos nas edificações (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010). Através deste modelo, tornou-se possível calcular e prever se um determinado ambiente térmico seria adequado e bem aceito por certo grupo de pessoas (YANG; YAN; LAM, 2014).



Segundo Yang, Yan e Lam (2014), a partir do trabalho experimental, feito em câmaras climáticas, desenvolveu-se uma equação de conforto, que poderia prever as condições em que as pessoas se sentiriam em neutralidade térmica, entendendo-se que esta representaria uma condição de conforto satisfatória para a maioria. Para aplicações práticas, o índice PMV (*Predicted Mean Vote* ou Voto Médio Predito) foi gerado através da expansão da equação de conforto, para incorporar a escala de sensação térmica de sete pontos da ASHRAE, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Escala de sete pontos da ASHRAE

<b>Denominação original</b>	<b>Denominação traduzida de forma adaptada</b>
+3 Hot	Muito calor
+2 Warm	Calor
+1 Slightly warm	Pouco calor
0 Neutral	Nem calor e nem frio (neutralidade térmica)
-1 Slightly cool	Pouco frio
-2 Cool	Frio
-3 Cold	Muito frio

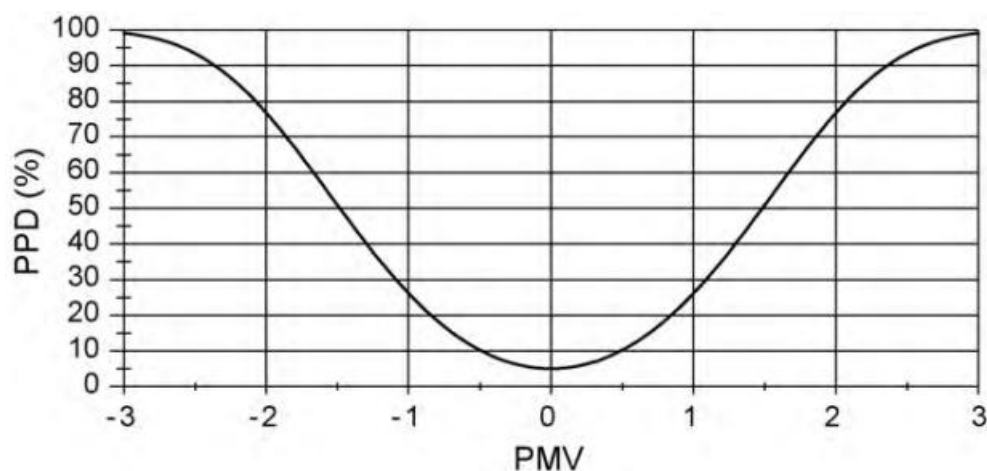
Fonte: adaptada de ASHRAE (2010).

Dessa forma, o PMV representa o voto médio de sensação térmica – correspondente à escala padrão de sete pontos da ASHRAE – para um grupo de ocupantes de uma edificação. Para seu cálculo, são consideradas quatro principais variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante, umidade e velocidade do ar) e duas variáveis pessoais (nível de atividade, com produção de calor do metabolismo, e isolamento da vestimenta). Entende-se que essas variáveis são as principais responsáveis nas trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente (YANG; YAN; LAM, 2014).

Como, devido a diferenças individuais, sempre haverá uma porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico, para se estimar essa porcentagem, foi desenvolvido outro índice, a partir do PMV, chamado PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied* ou Porcentagem Predita de Insatisfeitos), através de estudos experimentais (YANG; YAN; LAM, 2014).

O Gráfico 2 apresenta a relação entre os dois índices, revelando uma perfeita simetria em torno da neutralidade térmica ( $PMV=0$ ).

Gráfico 2 – Relação entre PMV e PPD



Fonte: Djongyang, Tchinda e Njomo (2010, p. 2629).

Percebe-se que, mesmo quando o PMV é igual a zero, indicando neutralidade, aproximadamente 5% das pessoas podem ficar insatisfeitas, ainda que estejam vestidas da mesma forma e desempenhando a mesma atividade. Observa-se que são consideradas insatisfeitas aquelas pessoas cujos votos serão “quente”, “muito quente”, “frio” ou “muito frio”, na escala de sete pontos, conforme a ISO 7730 (2005).

Também há uma correlação entre os dois índices e a distribuição dos votos, em um grupo, conforme apresentado na Tabela 4:

Tabela 4 – Distribuição de votos individuais de sensação térmica para diferentes valores de voto médio predito e correspondente porcentagem de insatisfeitos

PMV	PPD	Pessoas previstas para votar <sup>a</sup>		
		%		
		0	-1, 0 ou +1	-2, -1, 0, +1 ou +2
+2 ou -2	75	5	25	70
+1 ou -1	25	30	75	95
+0,5 ou -0,5	10	55	90	98
0	5	60	95	100
<sup>a</sup> Baseado em experimentos envolvendo 1300 sujeitos.				

Fonte: adaptada da ISO 7730 (2005).

O PMV-PPD é largamente usado e aceito para projetos e pesquisas de campo de conforto térmico (LIN; DENG, 2008), sendo que, após décadas de experiência prática, o modelo foi se consolidando, particularmente em edificações condicionadas artificialmente (VAN HOOFF, 2008).

#### *2.4.2.2. Abordagem adaptativa*

Segundo Van Hoof (2008), com a aplicação do modelo PMV-PPD em diferentes tipos de edificações e em diversas localidades, o mesmo foi prescrito nas principais normas de conforto térmico. Entretanto, conforme o mesmo autor, com o desenvolvimento dos estudos, descobriu-se que, para edificações ventiladas naturalmente, em particular, a temperatura interna tomada como mais confortável aumenta significativamente em contextos climáticos mais quentes e diminui em zonas climáticas mais frias. Esse importante marco na pesquisa do conforto térmico levou ao desenvolvimento da abordagem adaptativa (VAN HOOFF, 2008).

A abordagem adaptativa se baseia principalmente na premissa de que as pessoas se adaptam ao clima externo e interno, tanto através de ações de comportamento, como mudar de roupas ou abrir as janelas, quanto através do sistema termorregulatório do corpo humano (TALEGHANI et al., 2013). Estudos do próprio Fanger mostram que o sistema termorregulatório humano pode ser capaz de gerar um balanço de calor dentro de amplos limites das variáveis ambientais, mesmo em situações que, a princípio, causariam desconforto (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010).

Neste tipo de abordagem, a pessoa é considerada um agente em interação com o ambiente a todo o momento (BRAGER; DE DEAR, 1998; HALAWA; HOOFF, 2012). Dessa forma, nos modelos adaptativos, são consideradas situações cotidianas em que as pessoas reagem aos estímulos do ambiente, possibilitando limites mais amplos de conforto do que aqueles estipulados pelo modelo de balanço de calor (DONADELLO, 2014).

Guerra-Santin e Tweed (2015) observam que também é preciso considerar a capacidade dos ocupantes de usar determinados meios de adaptação em situações especiais como, por exemplo, em hospitais, onde certos pacientes

não estarão aptos a abrirem janelas ou trocarem de roupa se estiverem desconfortáveis. Além disso, há edificações em que existe a possibilidade de se mudarem as condições internas, mas devido ao grande número de ocupantes, é impossível satisfazer a todos (GUERRA-SANTIN; TWEED, 2015).

Possibilitar que os usuários controlem o ambiente interno favorece o conforto térmico (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011), entendendo-se que o controle desempenhado pelos ocupantes e o efeito percebido de suas intervenções podem influenciar positivamente na satisfação com as condições térmicas (WAGNER et al., 2007). Observa-se que ao se desenvolverem sistemas para se controlar o ambiente interno, devem ser levados em conta o tipo da edificação e o clima externo, incluindo as estações do ano (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011). Tendo isso em vista, a ASHRAE (2010) define modelo adaptativo como aquele que relaciona a temperatura interna, ou gamas de temperatura aceitáveis, com os parâmetros meteorológicos ou climatológicos, externos.

Derivada de estudos de campo, a abordagem adaptativa tem o propósito de analisar a aceitabilidade real do ambiente térmico, que depende do contexto, bem como do comportamento dos ocupantes e de suas expectativas (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010). Quanto a este último fator, a abordagem adaptativa considera que, quando se cria uma expectativa por constância térmica, a menor variação com relação à mesma pode causar insatisfação (DEAR, 2007). Há de se considerar que pessoas em ambientes térmicos condicionados artificialmente têm expectativas diferentes de pessoas em edificações ventiladas naturalmente: as primeiras esperam por uma temperatura estável e por uma homogeneidade de condições, enquanto as segundas esperam por uma diversidade de condições, que reflete padrões locais de variabilidade climática sazonal e diária (VAN HOOFF; HENSEN, 2007).

Dessa forma, o modelo adaptativo institui fatores além dos físicos e fisiológicos, considerando a expectativa dos usuários, com relação a suas preferências térmicas (DONADELLO, 2014). Ainda podem ser apontados outros fatores como o tipo da edificação (por exemplo, escola ou residência), a motivação (considerando quem arca com os gastos de energia e combustível), o cômodo (por exemplo, quarto ou cozinha), a percepção sensorial do tipo de

aquecimento (se por radiação ou por convecção), e a sazonalidade anual (NICOL; STEVENSON, 2013).

Nos últimos anos, diferentes autores têm encorajado a realização de estudos de campo somados a experimentos em laboratório, para se alcançarem resultados mais confiáveis sobre o conforto real do ambiente e os parâmetros em interação (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010). Entende-se que estudos de campo permitem analisar fatores que não são passíveis de serem analisados em laboratório, uma vez que os sujeitos dão respostas no seu habitat real, desempenhando atividades do cotidiano, vestindo roupas utilizadas na prática e se comportando sem restrições adicionais (CENA; DE DEAR, 2001). Ressalta-se que, nos estudos de campos, não há intenção de se controlarem as variáveis do ambiente avaliado, sendo que haverá influência de fatores indiretos, como culturais e psicológicos, por exemplo, e que o principal objetivo é descobrir qual combinação de variáveis ambientais melhor descreve as respostas subjetivas dos sujeitos (TALEGHANI et al., 2013).

No que diz respeito à eficiência energética, a abordagem adaptativa mostra que com uma maior amplitude da temperatura de conforto, é possível se alcançar uma economia significativa de energia, tanto em edificações naturalmente ventiladas quanto em edificações condicionadas artificialmente (MUI; CHAN, 2003; YANG; YAN; LAM, 2014).

#### *2.4.2.3. Modelo PMV-PPD e adaptações*

O modelo de balanço de calor é baseado numa lógica linear e determinística, testada com experimentos de laboratório extensivos e rigorosos, rendendo resultados bastante consistentes e reprodutíveis (YANG; YAN; LAM, 2014). Dessa forma, produz estimativas precisas das sensações dos usuários, quando envolvidos em atividades sedentárias, ou próximas disso, e em condições de estado-estável (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010). Porém, por ser baseado em uma abordagem racional, apresenta certas limitações, principalmente quando se considera o ponto de vista mais subjetivo dos usuários, em ambientes diferentes dos laboratórios e câmaras climáticas, no seu cotidiano (YANG; YAN; LAM, 2014).

Segundo a ISO 7730 (2005), apesar de o modelo PMV-PPD ser derivado de condições de estado estável, ele pode ser aplicado com boa aproximação durante flutuações menores de uma ou mais variáveis. Além disso, o modelo de balanço de calor considera certos ajustes de comportamento, podendo ser considerado parcialmente adaptativo, mesmo que trate esses ajustes de forma linear (YANG; YAN; LAM, 2014). Isso significa que ele usa como dados de entrada os parâmetros afetados por ajustes pessoais e por intervenções ambientais, sendo eles: taxa metabólica, vestimenta, movimento do ar, dentre outros (BRAGER; DE DEAR, 1998). Para completar, seria preciso considerar a dimensão psicológica da adaptação (DE DEAR; BRAGER, 2002).

Considerando-se a validade da abordagem de balanço de calor (HALAWA; VAN HOOFF, 2012), tem sido sugerido que a nova perspectiva, adaptativa, complementa a abordagem racional (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010; YANG; YAN; LAM, 2014).

Na visão adaptativa do conforto térmico, ajustes de comportamento representam um vínculo de resposta imediata e consciente, em que o senso de desconforto ou insatisfação não é somente consequência, mas também serve como ponto de partida para se iniciarem as respostas adaptativas (BRAGER; DE DEAR, 1998). Já se constatou que ambientes com falta de meios adaptativos tendem a receber classificações de conforto piores (MISHRA; RAMGOPAL, 2013).

Muitos pesquisadores têm tentado aprimorar o modelo PMV-PPD e ampliar seu domínio de aplicação, fazendo correções e ajustes, ou introduzindo métodos para aumentar a precisão dos parâmetros de entrada (VAN HOOFF, 2008). Para exemplificar, Yao, Li e Liu (2009) apresentam um modelo chamado *Adaptive Predicted Mean Vote* – aPMV (Voto Médio Predito Adaptativo), que é baseado na teoria da Caixa Preta, assim denominada pelos detalhes operacionais completos do sistema permanecerem desconhecidos ou ocultos. Segundo os mesmos autores, o método da Caixa Preta é uma abordagem extensivamente utilizada na cibernética, representando o mecanismo de controle do sistema. Para melhor entendimento, explicam que o comportamento da Caixa Preta é estudado descobrindo-se a relação lógica e estatística entre as informações que ‘entram na caixa’ (*system input*) e as ‘instruções’ que saem (*system*

*output*). Também afirmam que a grande vantagem da Caixa Preta é que ela possibilita que se descreva e se entenda o sistema e que se prediga o *output* do ponto de vista das reações gerais do mesmo, o que é muito útil para pesquisas de sistemas complexos, como no caso do ambiente térmico (YAO; LI; LIU, 2009). Assim, fazendo uso dessa teoria e método no desenvolvimento do modelo “aPMV”, os pesquisadores conseguiram levar em conta fatores como cultura, clima, adaptações sociais, psicológicas e de comportamento, que têm um impacto nos sentidos utilizados para se detectar o conforto térmico (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010).

A própria ISO 7730 (2005), que é baseada principalmente na abordagem de balanço de calor, já diferencia parâmetros para verão ou inverno, e considera a adaptação dos usuários, não somente por meio das vestimentas e das atividades desempenhadas, como também pela postura corporal, pela aclimação e pelo controle de abertura de janelas.

## 2.5. ISO 7730:2005, ASHRAE 55:2010 E OUTRAS NORMAS DE REFERÊNCIA

Com o desenvolvimento das pesquisas sobre conforto térmico, as normas também vão sendo aprimoradas, para a aplicação do conhecimento gerado na avaliação e tratamento do ambiente térmico das edificações.

Deve-se observar que as normas técnicas dão direcionamentos e auxiliam nos estudos, mas também não devem ser tomadas como referências absolutas (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010).

A partir dessas considerações, a seguir são apresentadas as principais normas utilizadas como referência para o trabalho.

### - ISO 7730:2005

O título da norma, em inglês, é “*Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*”. Pode-se traduzir como “Ergonomia do ambiente térmico – Determinação analítica e

interpretação de conforto térmico usando cálculo dos índices PMV e PPD e critérios de conforto térmico local”.

Nesta, são apresentados métodos para se predizerem as sensações térmicas gerais e o grau de desconforto (insatisfação térmica) de pessoas expostas a ambientes térmicos moderados.

A norma se considera aplicável para pessoas saudáveis, de qualquer sexo, expostas a ambientes internos, em projeto ou existentes. Apesar de ter sido desenvolvida especificamente para ambientes de trabalho, também é aplicável a outros tipos similares.

A ISO 7730 (2005) considera que a sensação térmica do ser humano está principalmente relacionada ao balanço térmico do seu corpo, como um todo, sendo esse balanço influenciado pelas variáveis pessoais e ambientais consideradas pela abordagem racional.

A norma explica os procedimentos para se estimarem ou se calcularem os índices PMV e PPD, apresentando equações e tabelas com valores de coeficientes necessários para a obtenção dos resultados esperados, como taxas metabólicas para diferentes atividades e resistência térmica de vestimentas. Também apresenta informações sobre desconforto térmico local, ou seja, em partes do corpo, e sobre avaliação de longo termo, considerando a possibilidade de se ampliarem os limites recomendados, por tempo limitado, conforme necessidades que possam surgir.

Tendo sido desenvolvida em paralelo com a ASHRAE 55 revisada, a ISO 7730 (2005) também inclui condições de estado não estático e de adaptação. Segundo esta norma, diferenças étnicas, nacionais ou geográficas devem ser levadas em conta ao se tratar de espaços não condicionados. Observa-se que há autores que dizem que o método de avaliação da ISO 7730 (2005) é baseado na hipótese de que os seres humanos estariam sujeitos a se sentir confortáveis dentro de uma faixa estreita e bem definida de condições térmicas, independentemente de raça, idade e sexo (OGBONNA; HARRIS, 2008). Dessa forma, apontam para o uso da abordagem adaptativa.



## **- ASHRAE 55:2010**

O título da norma, em inglês, é “*Thermal environmental conditions for human occupancy*”, que pode ser traduzido como “Condições térmicas ambientais para a ocupação humana”.

Esta é direcionada, a princípio, para pessoas saudáveis em atividade sedentária, ou próxima disso, típica de trabalho em escritório. Mas é aceitável que seja usada para se determinarem condições ambientais apropriadas para atividades moderadamente elevadas.

A norma discute sobre conforto térmico em estado estável, com algumas especificações limitadas para variações de temperatura, e também apresenta parâmetros para ambientes naturalmente ventilados, incorporando conceitos da abordagem adaptativa.

Contém informações para cálculos dos índices PMV e PPD e da temperatura de conforto, também fornecendo valores de coeficientes necessários para a obtenção dos resultados esperados, assim como a ISO 7730:2005.

Além disso, apresenta modelos de questionários para pesquisas relacionadas ao conforto térmico, considerando o levantamento de dados junto aos usuários.

## **- Categorias de ambientes térmicos e requisitos conforme a ISO 7730:2005 e a ASHRAE 55:2010**

Conforme a ISO 7730 (2005), devido a prioridades locais ou de maior alcance, bem como desenvolvimentos técnicos ou tecnológicos, e regiões climáticas, será exigida uma qualidade térmica maior (menos insatisfeitos) ou menor (mais insatisfeitos). Dessa forma, os modelos e índices disponíveis podem ser usados para se determinarem diferentes gamas de parâmetros ambientais para o projeto ou a avaliação do ambiente térmico, sendo configuradas diferentes categorias, como as apresentadas pela ISO 7730 (2005), conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Categorias do ambiente térmico

Categoria	Estado térmico para o corpo como um todo			Desconforto local		
	PPD	PMV	DR	PD		
	%		%	Causado por		
				Diferença vertical de temperatura	Piso frio ou quente	Assimetria radiante
A	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	$-0,5 < PMV < +0,5$	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	$-0,7 < PMV < +0,7$	< 30	< 10	< 15	< 10

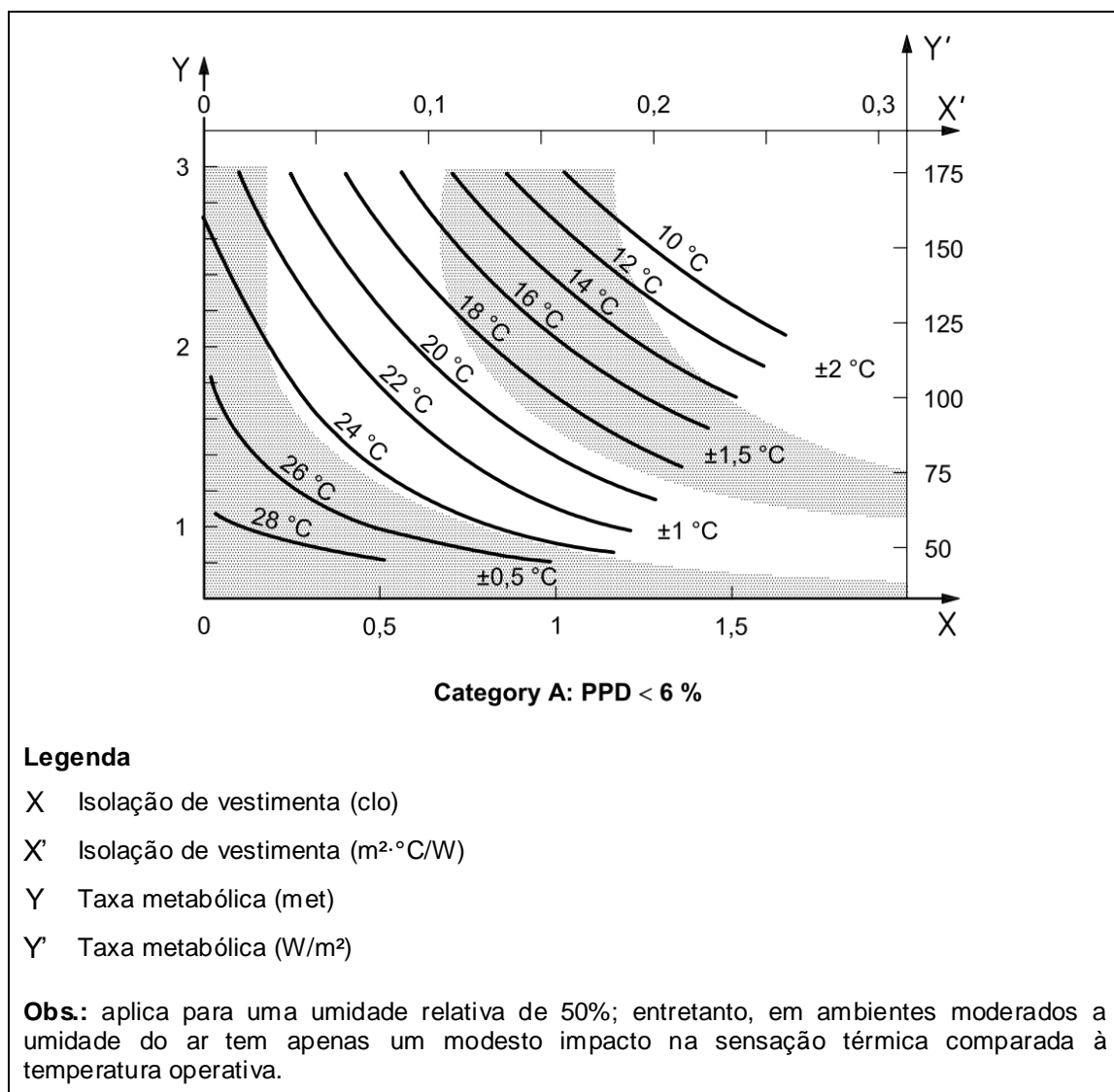
**Legenda**PPD *Predicted Percentage Dissatisfied* (Porcentagem Predita de Insatisfeitos)PMV *Predicted Mean Vote* (Voto Médio Predito)DR *Draught Rate* (Taxa de Corrente de Ar)PD *Percentage Dissatisfied* (Porcentagem Insatisfeita)

Fonte: adaptada da ISO 7730 (2005).

A ASHRAE 55 (2010) considera como aceitáveis os valores apresentados, de PMV e PPD, bem como dos índices de desconforto local, para a categoria B da ISO 7730 (2005).

Também são apresentadas as gamas de temperatura operativa ótima para cada categoria, considerando-se a neutralidade térmica ( $PMV = 0$ ) como ideal para a maioria, conforme exemplo para a categoria A, no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Temperatura operativa ótima em função da vestimenta e da atividade para a Categoria A: PPD < 6%



Fonte: adaptado da ISO 7730 (2005).

Observa-se que a temperatura operativa ótima para as três categorias é igual, sendo que o que se altera é a variação permitida ao redor da mesma.

Conforme a ISO 7730 (2005), em todas as localizações dentro da zona ocupada de um espaço, a temperatura operativa deveria estar dentro da gama permitida, a todo tempo. Isso significa que a gama permitida deveria cobrir ambas as variações espaciais e temporais, incluindo flutuações causadas pelo sistema de controle.

Considerando-se as variações espaciais de altura, são definidas as diferenças verticais permitidas de temperatura do ar, para cada categoria, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Diferenças verticais de temperatura do ar entre cabeça e tornozelos para as categorias de conforto da ISO 7730:2005

Categoria	Diferença vertical de temperatura do ar *
	°C
A	< 2
B	< 3
C	< 4

\* 1,1 m e 0,1 m acima do piso, para cabeça e tornozelos, respectivamente.

Fonte: adaptada da ISO 7730 (2005).

Observa-se que a ASHRAE 55 (2010) considera aceitável uma diferença vertical da temperatura do ar que seja menor que 3°C, ou seja, similar à da categoria B da ISO 7730 (2005).

A ISO 7730 (2005) ainda fornece critérios para diferentes tipos de ambientes, considerando os tipos de edificação e seus usos. Por exemplo, a Tabela 7 apresenta as temperaturas indicadas para espaços de atividade sedentária, como escritórios, restaurantes ou similares, para as três categorias, destacando-se a diferenciação entre valores para verão e inverno.

Tabela 7 – Temperaturas operativas para ambientes de atividade sedentária

Categoria	Temperatura operativa (°C)	
	Verão (resfriamento)	Inverno (aquecimento)
A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0
B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0

**Dados de entrada:**

- Taxa metabólica = 70 W/m<sup>2</sup> (ou 1,2 met);
- Isolamento de vestimenta = 0,5 clo no verão e 1,0 clo no inverno;
- Umidade relativa = 60% no verão e 40% no inverno.

Fonte: adaptada da ISO 7730 (2005).

### - Outras considerações referentes a categorias de ambientes térmicos

Taleghani e outros (2013) apresentam desvios aceitáveis da temperatura de conforto, por categorias, caracterizadas segundo as expectativas com relação ao tipo de edificação, e com indicação da aceitabilidade, tendo por base a norma europeia EN 15251:2007, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Desvios aceitáveis da temperatura operativa e aceitabilidade por categoria conforme expectativas

Categoria	Expectativa	Limite de desvio	Aceitabilidade
		°C	%
I	Alta: usuários sensíveis e frágeis (por exemplo, em hospitais)	$\pm 2$	90
II	Normal: edificações novas	$\pm 3$	80
III	Moderada: edificações existentes	$\pm 4$	65
IV	Fora dos critérios apresentados (por período limitado)	$\pm > 4$	< 65

Fonte: adaptada de Taleghani e outros (2013).

Observa-se que, neste caso, os coeficientes do limite de desvio e da aceitabilidade para a primeira categoria (I) correspondem aos mesmos da categoria B da ISO 7730 (2005).

Uma crítica que é feita ao modelo PMV-PPD é o intervalo estreito das três categorias principais (GUERRA-SANTIN; TWEED, 2015). Conforme Arens e outros (2010), espaços considerados ‘classe A’, com um controle rigoroso da temperatura do ar, na realidade, não proveem uma maior aceitabilidade para os ocupantes que espaços de ‘classe B ou C’, como seria de se esperar. Isso é um problema, pois se requer mais energia para manter um intervalo estreito de temperatura do que para um intervalo mais amplo (GUERRA-SANTIN; TWEED, 2015). Dessa forma, também se confirma o fato de que as normas apresentam informações que são discutíveis e que, por isso, deve-se sempre adotar uma visão crítica e fazer ponderações em sua aplicação.

## - Outras normas

A seguir, são apresentadas, de forma sucinta, outras normas que serviram como referência para o trabalho:

- ISO 7726:1998 – *Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities* ou Ergonomia do ambiente térmico – Instrumentos para medir grandezas físicas: Especifica os atributos mínimos dos instrumentos utilizados para medir grandezas físicas que caracterizam um ambiente térmico, assim como os métodos para realizar as medições.
- NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho; e NBR 15220:2005 – Desempenho térmico de edificações: A primeira trata do desempenho geral das edificações, considerando os diversos aspectos envolvidos, enquanto a segunda trata especificamente de seu desempenho térmico. Observa-se que os critérios estabelecidos por elas têm por base o zoneamento bioclimático brasileiro, que não inclui o território da EACF e nem outro similar, limitando sua aplicação para o trabalho.

## 2.6. CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES

Com base nas normas e nos referenciais teóricos apresentados, para a avaliação do desempenho e conforto térmico dos MAE, foi dado enfoque para a abordagem de balanço de calor, uma vez que seu ambiente interno é condicionado artificialmente, através do sistema de aquecimento, de uso constante. Dessa forma, a ISO 7730 (2005), que é voltada especialmente para esse tipo de abordagem, foi adotada como a principal norma de referência para a avaliação.

A ASHRAE 55 (2010) serviu, particularmente, para comparação com a ISO 7730 (2005), a fim de se assegurarem ainda mais as decisões tomadas para a avaliação e, também, pelas diretrizes fornecidas para elaboração do questionário de conforto térmico. As outras normas serviram pelas indicações práticas para a avaliação, como instalação de equipamentos e medições.

Observa-se que a literatura não apresenta estudos de conforto térmico em zonas climáticas polares, isto é, na zona polar antártica ou na ártica, e nem

para as regiões consideradas subantárticas, como é o caso da Península Keller, onde se localizam os MAE. Dessa forma, ainda não há modelos ou normas específicas, que pudessem servir de embasamento seguro à pesquisa. Também foram encontrados poucos trabalhos similares a este, realizados em locais de frio severo, que utilizam as mesmas normas como referência. Nota-se que, para regiões climáticas com características diferentes daquelas incluídas nos bancos de dados utilizados para a elaboração das normas, podem ser demandados níveis de parâmetros de desempenho e conforto também diferentes daqueles estabelecidos pelas mesmas (HAN et al., 2007).

### **3. MÉTODOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA A AVALIAÇÃO**

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), com uma avaliação de desempenho se busca analisar a adequação ao uso de um sistema ou de um processo construtivo destinado a cumprir uma determinada função. Conforme a norma, para atingir esta finalidade, deve-se realizar uma investigação sistemática, baseada em métodos consistentes e capazes de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento do sistema, nas condições de uso definidas.

A fim de se realizar uma avaliação conforme as recomendações da norma, buscando-se atingir os objetivos que forma determinados, a metodologia adotada para o trabalho consistiu em cinco etapas fundamentais: (i) embasamento teórico e referencial; (ii) instrumentação e coleta de dados; (iii) sistematização dos dados, com realização de cálculos e elaboração de gráficos; (iv) análise dos resultados; e (v) síntese e conclusão.

Na primeira etapa, foram coletadas informações de diversas fontes de referência, conforme apresentado no capítulo de revisão bibliográfica, enquanto as demais etapas são descritas detalhadamente adiante.

O trabalho foi desenvolvido alicerçado nos procedimentos recomendados, em especial, por Ornstein e Romero (1992), relativos à metodologia da Avaliação Pós-Ocupação – APO, que já foi utilizada para avaliação de edificações na EACF, mostrando-se adequada ao contexto (ALVAREZ; CASAGRANDE; WOELFFEL, 2004). Destacam-se os resultados pioneiros obtidos por Fanticlele (2011), que também adotou os procedimentos recomendados por Ornstein e Romero (1992), com adaptações, tendo servido como importante referência para a pesquisa, considerando-se o meticuloso relato do processo de coleta, tratamento e análise dos dados, para avaliação de conforto térmico na antiga edificação principal da EACF.



Dessa forma, observando-se os procedimentos anteriormente realizados com sucesso na EACF e seguindo-se as recomendações da metodologia de APO, bem como as indicações das normas de referência, as atividades foram divididas em duas fases: (i) avaliação a partir do ponto de vista dos usuários; e (ii) avaliação técnica. Essas duas fases aconteceram paralelamente às etapas apresentadas da metodologia de avaliação, e são descritas a seguir.

### 3.1. AVALIAÇÃO A PARTIR DO PONTO DE VISTA DOS USUÁRIOS

Segundo a ASHRAE 55 (2010), com o propósito de se garantir que as condições térmicas ambientais sejam aceitáveis para a maioria dos ocupantes de uma edificação, uma maneira efetiva de se avaliarem essas condições é a partir dos próprios ocupantes. Conforme a norma, os resultados das avaliações realizadas por meio desse método podem auxiliar projetistas e operadores dos sistemas e das edificações a identificarem as causas do desconforto e apontarem melhorias para as edificações.

Seguindo-se as recomendações da ASHRAE 55 (2010) e da metodologia de APO, na primeira fase da pesquisa, foi elaborado um questionário com perguntas gerais e específicas sobre diversos aspectos relacionados ao desempenho dos MAE, como um todo, que foi submetido aos ocupantes por meio de correspondência eletrônica (APÊNDICE A). Para sua elaboração, foram observados os exemplos de questionário da norma mencionada e de Ornstein e Romero (1992), bem como de trabalhos análogos, em especial o de Fanticele (2011).

Dessa forma, o questionário foi estruturado de modo a facilitar seu preenchimento, seguindo-se uma linha de raciocínio lógica e regular, com o uso de perguntas objetivas e respostas padronizadas de múltipla escolha, sempre que possível. Ele foi dividido em quatro partes, conforme o tipo de informação a ser obtida, sendo elas: informações sobre os usuários; condições em que o questionário foi respondido; questões sobre os MAE; e comentários adicionais. Com os resultados obtidos em cada parte, foi possível traçar o perfil dos usuários, identificando fatores de influência para suas respostas, bem

como conhecer suas percepções e obter as informações pretendidas a respeito da edificação.

Observa-se que, na parte de comentários adicionais, foi disponibilizado um espaço para os respondentes escreverem livremente sobre os assuntos abordados, acrescentando alguma informação, ou sobre algum aspecto não contemplado que considerassem relevante. Dessa forma, foi possível verificar se os aspectos considerados pelo pesquisador como mais relevantes coincidiram com aqueles observados pelos usuários, além de alcançar uma melhor compreensão de suas percepções e a obtenção de maiores informações sobre a edificação.

Ressalta-se ainda que, ao se solicitar o preenchimento do questionário, os usuários foram informados da sua finalidade e importância, bem como da forma com que os resultados obtidos poderiam beneficiá-los, motivando sua colaboração.

As respostas coletadas foram sistematizadas em planilhas, para análise, tanto individual, por informação, quanto em conjunto, de forma geral e por comparação. A partir dos resultados obtidos e com a publicação de um artigo (ALVAREZ; MARTINS, 2014), foi possível traçar um panorama dos aspectos avaliados e discutir sobre os procedimentos seguintes.

Em um segundo momento, a fim de se obterem informações mais precisas sobre as condições térmicas nos MAE, assim como alguns dados necessários para os cálculos do índice PMV, foi elaborado um segundo questionário, específico sobre conforto térmico, também submetido aos ocupantes, para preenchimento *online* (APÊNDICE B).

Os critérios adotados para a elaboração deste segundo questionário foram semelhantes àqueles utilizados ao se elaborar o primeiro, com uma divisão de partes análoga à deste, sendo que, desta vez, as perguntas e as opções de resposta foram ainda mais objetivas e direcionadas com relação ao enfoque da pesquisa.

Os dados coletados foram sistematizados, para análise, tendo um tratamento diferente da primeira avaliação, sendo que, desta vez, a avaliação teve um caráter mais quantitativo que a primeira, que tinha sido mais qualitativa.

### 3.2. AVALIAÇÃO TÉCNICA

Para a avaliação técnica, inicialmente, a orientadora da pesquisa realizou visitas exploratórias ao local, em que identificou alguns problemas relacionados ao desempenho geral dos MAE e às condições de conforto térmico, que coincidiram com os apontados pelos usuários, confirmando seus pareceres.

Para as medições, no local, adotaram-se os procedimentos recomendados pelas normas ISO 7730 (2005) e ISO 7726 (1998), ASHRAE 55 (2010), NBR 15575 (ABNT, 2013) e NBR 15220 (ABNT, 2005), bem como pela metodologia de APO (ORNSTEIN; ROMERO, 1992).

Os aparelhos utilizados para as medições foram o *data logger* HOBO U12-013, da Onset, que mede e registra a temperatura do ar e a umidade relativa, e a sonda externa TMC20-HD, do mesmo fabricante, acoplada a um globo negro e ao *data logger*, para medição e registro da temperatura radiante (Figura 15).

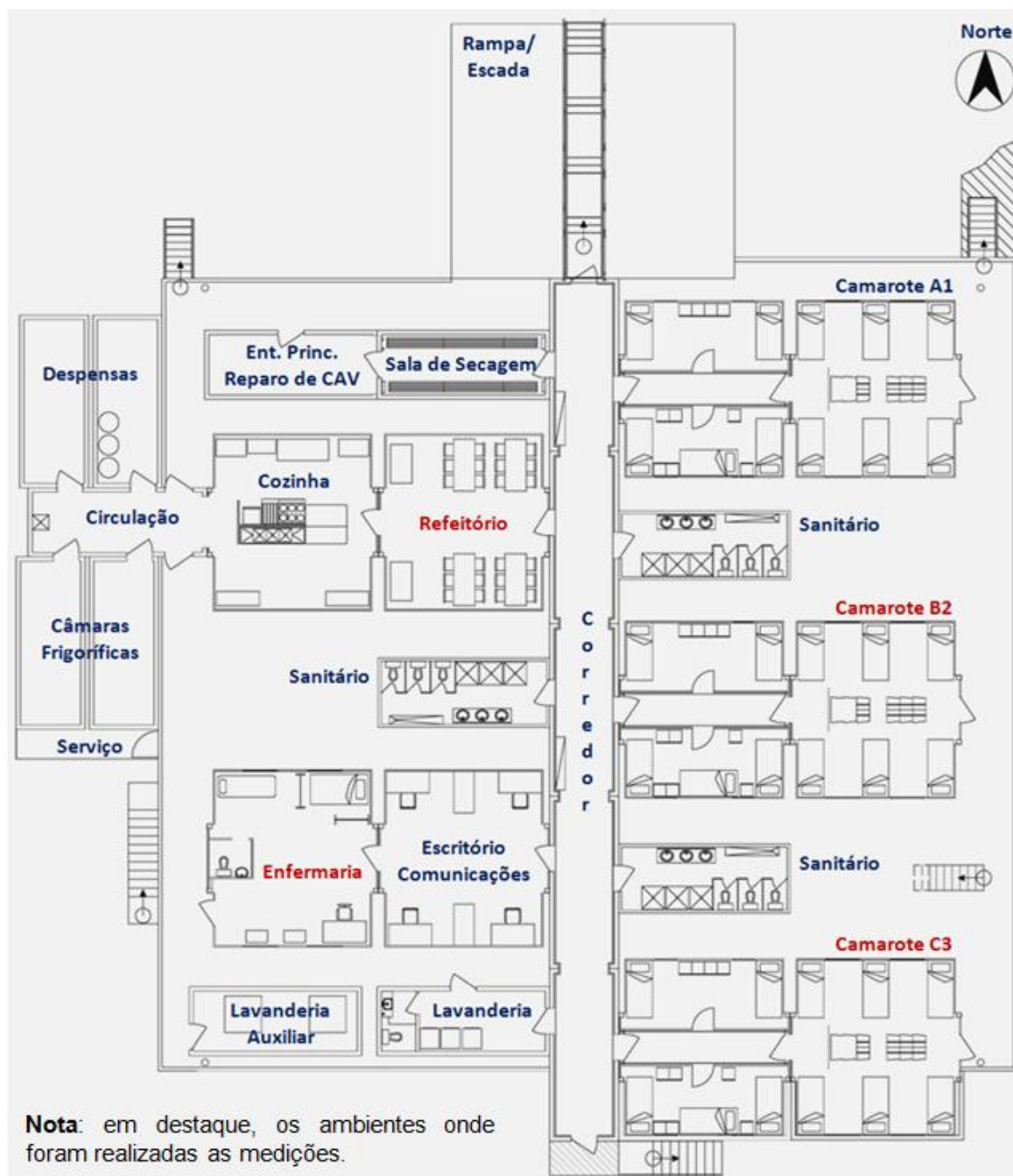
Figura 15 – Aparelhos de medição instalados na enfermaria



Fonte: elaborada a partir do acervo da SECIRM.

Tendo sido devidamente calibrados, os aparelhos foram instalados nos cômodos selecionados para a amostragem, em destaque na planta apresentada na Figura 16:

Figura 16 – Planta baixa esquemática dos Módulos Antárticos Emergenciais



Fonte: adaptada dos acervos da SECIRM e da WCRL.

Os ambientes selecionados são caracterizados da seguinte forma:

- **Camarote B2:** trata-se de um ambiente de dormitório, em que é imprescindível que haja um nível de conforto satisfatório para os usuários repousarem e garantirem seu bem-estar. Localizado na parte central dos MAE, fica mais protegido das intempéries que os outros camarotes;
- **Camarote C3:** localizado na extremidade sudeste dos MAE e com parte da estrutura avançando além dos limites do heliponto, fica mais exposto às

intempéries. Por se tratar de um ambiente similar ao anterior, porém com características opostas, quanto à sua exposição às intempéries, sua avaliação, paralela à do outro camarote, possibilitou a comparação entre os mesmos, a fim de se descobrir a variação que ocorre de um para o outro, e o efetivo comportamento da envoltória;

- **Enfermaria:** por se tratar de um ambiente de recuperação para pessoas com problemas de saúde, ou seja, em estado de maior vulnerabilidade e fragilidade, é preciso que se tenha atenção especial com suas condições de conforto. Sua avaliação possibilita a adoção de categorias com maior nível de exigência. Por estar cercada por outros módulos e por ser a unidade com menor trânsito de pessoas, é possível inferir que fique mais protegida de intempéries e da interferência do uso no seu desempenho; e
- **Refeitório:** merece destaque por se tratar do principal ambiente de estar, utilizado por todos os usuários. Por estar cercado por outros módulos, assim como a enfermaria, também é possível inferir que fique mais protegido de intempéries. No entanto, ressalta-se ser esse o local de maior trânsito.

Observa-se, ainda, que os ambientes selecionados são os locais de maior permanência ou utilização dos usuários, em que a expectativa por conforto é maior, quando comparados aos demais ambientes.

Foram instalados três HOBOS em cada cômodo, em alturas diferentes, de acordo com as normas mencionadas, sendo que as sondas externas com os globos negros foram acopladas aos HOBOS de altura intermediária. Na enfermaria e no refeitório, que são ambientes onde as pessoas ficam sentadas ou deitadas na maior parte do tempo, os aparelhos foram instalados a 0,10, 0,60 e 1,10 metros do piso, referentes às alturas do tornozelo, do abdômen e da cabeça, respectivamente, conforme a ISO 7726 (1998). Como nos camarotes são utilizados beliches e, com isso, as pessoas ficam deitadas em alturas diferentes – umas mais ao alto que as outras –, nestes ambientes, os aparelhos foram instalados a 0,10, 1,10 e 1,70 metros do piso, referentes às alturas das mesmas partes do corpo, neste caso para uma pessoa de pé, conforme a norma.

Com a intenção de se obter a maior quantidade possível de registros ao longo de aproximadamente um ano completo, foram coletados dados de registro de forma automática e contínua, de hora em hora, desde 20 de março de 2014, às 19 horas, até 11 de março de 2015, às 20 horas.

A ASHRAE 55 (2010) recomenda que, para se identificar a natureza de um estado não estável (explicado no item 2.4.2 – “Abordagens, modelos e índices”), é preciso que as medições sejam feitas a cada cinco minutos ou menos que isso, por um mínimo de duas horas. No entanto, considerando-se a impossibilidade de troca das baterias do equipamento e o estabelecimento do período de um ano para o efetivo registro das variáveis climáticas, optou-se por não se realizarem medições para esse fim.

Devido, também, à impossibilidade de se manter um pesquisador no local durante todo o período de medições, o monitoramento dos registros foi realizado à distância, enquanto os aparelhos ficaram aos cuidados do oficial designado como Chefe da Estação em operação nos MAE e sua equipe. Os dados foram enviados, por partes, através de correio eletrônico, conforme a necessidade. Ao ser identificado algum problema nos registros, era sugerido fazer algum ajuste nos aparelhos e, em seguida, novos dados eram enviados para verificar se o problema tinha sido resolvido. Sendo os dados enviados por partes, também se evitou perder os registros por completo, para o caso de acontecer algum imprevisto ou algum acidente com os aparelhos.

Seguindo-se os direcionamentos da metodologia de APO, que indica a retroalimentação dos métodos adotados, foi realizada uma primeira análise do comportamento das variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante e umidade relativa) nos MAE, com base nos primeiros registros coletados, até julho de 2014, a fim de se testarem e avaliarem alguns dos instrumentos e métodos da pesquisa. A partir da sistematização dos dados coletados em planilhas, foram elaborados gráficos de linha do tempo e de caixa, sendo estes últimos mais conhecidos como *boxplots* (MORETTIN; BUSSAB, 2013), o que possibilitou sua análise descritiva preliminar, como apresentado em Martins e Alvarez (2015).

Destaca-se o uso dos *boxplots* para a análise, por possibilitarem a visualização da variabilidade dos resultados, em sua totalidade, permitindo seu maior

aproveitamento, em vez de se reduzir uma grande amostra a uma média ou outra medida simplificada. Os *boxplots* também apresentam a mediana como medida estatística de referência, sendo que ela é mais estável do que a média, por ser menos afetada pelos valores extremos e *outliers* (valores espúrios).

Entretanto, notou-se que, ao se plotarem os resultados obtidos de hora em hora em um único *boxplot*, eliminou-se o fator tempo, restringindo-se a análise para o caso em questão. Além disso, nos gráficos desse estudo preliminar, foi necessário indicar somente os *outliers* mais extremos, devido à grande quantidade de registros e, conseqüentemente, de *outliers*, sendo que isso também aconteceu pela eliminação do fator tempo.

A fim de se aprimorar essa avaliação, contando-se com o apoio do Laboratório de Estatística – LESTAT, da UFES, foi adotada a técnica de Controle Estatístico de Qualidade – CEQ, apresentada por Montgomery (2009), com análise de série temporal, para avaliar o desempenho dos MAE quanto à sua capacidade de manter a temperatura interna estável.

Conforme Montgomery (2009), uma avaliação estatística de controle pode indicar condições de instabilidade de um sistema, neste caso, daquele que se refere ao ambiente térmico dos MAE.

O critério básico para se determinar uma condição fora de controle é identificar resultados que extrapolam os limites de controle calculados, enquanto outros critérios suplementares, que servem para a identificação de padrões não aleatórios, são utilizados para aumentar a sensibilidade da análise para alterações mais sutis (MONTGOMERY, 2009). Como o comportamento da temperatura nos MAE é influenciado por fatores diversos – como ajustes no termostato, abertura de portas, emissão de calor por equipamentos, isolamento da envoltória, dentre outros –, apenas o primeiro critério foi utilizado para a determinação de condições fora de controle.

Para o cálculo dos limites superiores e inferiores de controle – LSC e LIC, respectivamente –, foram utilizadas as seguintes expressões:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + (A_3 * \bar{S})$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - (A_3 * \bar{S})$$

Onde:

$\bar{\bar{X}}$  é a média de todas as médias das amostras;

$\bar{S}$  é a média dos desvios padrões das amostras; e

$A_3$  é uma constante que varia de acordo com o tamanho da amostra.

Dessa forma, foi feita a avaliação de controle da temperatura operativa nos ambientes, na altura intermediária, em que foi medida a temperatura radiante, necessária para o cálculo da temperatura operativa, sendo que os resultados também foram confrontados com os parâmetros da ISO 7730 (2005).

A fim de se verificar, também, a adequabilidade da temperatura operativa nos MAE frente à ISO 7730 (2005), de forma independente à avaliação de controle estatístico, foram gerados *boxplots*, para se observar a distribuição dos resultados, considerando-se sua concentração e variabilidade, comparadas às estabelecidas pela norma. Observa-se que a ISO 7730 (2005) considera uma temperatura operativa por volta de 22°C como ideal em um ambiente onde se utiliza de sistema de aquecimento, para um isolamento de vestimenta correspondente, por exemplo, ao proporcionado pelo uso de uma jaqueta ou blusa, camisa, calça, meias grossas e calçado.

Considerando-se a distribuição do calor nos ambientes, também foram verificadas as diferenças verticais da temperatura do ar em seu interior, confrontadas com os parâmetros da ISO 7730 (2005).

Dados meteorológicos da EACF de março de 2014 a março de 2015 foram disponibilizados pelo Laboratório de Interação Ar-Mar – LIAM, pertencente ao Grupo de Micrometeorologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG, da Universidade de São Paulo – USP. A partir da elaboração de diagramas de dispersão da temperatura externa, disponibilizada pelo LIAM, e da interna, medida nos ambientes, foi possível verificar a correlação entre as duas, com o propósito de avaliar o desempenho da edificação, considerando-se a envoltória e o sistema de aquecimento.



Aplicando-se a metodologia proposta por Akutsu e Vittorino (1991), foram identificados os meses caracterizados como “mais frios” e “mais quentes”, denominados períodos de inverno e verão, respectivamente. Para isso, foi utilizado o 2º critério, indicado pelos autores, como apresentado a seguir:

O período de verão será composto pelos meses que apresentarem média das temperaturas médias mensais acima do valor médio anual mais um desvio padrão. Analogamente, o período de inverno é definido pelos meses que apresentarem média das temperaturas médias mensais abaixo do valor médio anual menos um desvio padrão (AKUTSU; VITTORINO, 1991, p. 218).

Para os cálculos, foram utilizados os dados de climatologia de Ferraz, disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (acesso em 06 abr. 2016), abrangendo os anos de 1984 a 2013.

Com a identificação dos períodos de inverno e verão, foi possível comparar os resultados obtidos para cada período, entendendo-se que as condições climáticas e sua influência na edificação são diferentes em cada período, devendo ser consideradas em separado.

O PMV foi o principal índice de conforto térmico adotado, sendo que, a princípio, foi realizada uma avaliação preliminar de teste do conforto térmico nos MAE, apresentada em Martins e outros (2015), em que foram obtidos resultados de PMV para todas as horas de todo o período de medições, e nas três alturas estudadas. Os cálculos foram realizados através de planilhas de dados desenvolvidas com base na ISO 7730 (2005).

Nesta primeira avaliação com base no PMV, os principais dados de entrada para seu cálculo foram os dados medidos, das variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante e umidade relativa), e os coeficientes médios das variáveis pessoais (taxa metabólica e isolamento de vestimenta), obtidos através do questionário de conforto térmico.

A partir dos resultados obtidos através dos cálculos realizados, foram gerados *boxplots*, que condensam os resultados de cada hora do dia, considerando todos os dias do período de medições. Dessa forma, foi possível realizar uma

análise descritiva e comparativa dos vários resultados, reunidos em grupos, de ambientes e alturas estudadas.

A fim de se realizar uma segunda avaliação mais completa e aprofundada, foram realizados novos cálculos, relativos a diferentes cenários de variáveis, que foram definidos de forma a abranger situações diversas, passíveis de acontecer nos MAE, para comparação, como apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Cenários de coeficientes para variáveis e dados de entrada para os cálculos de PMV na segunda avaliação com base no índice

Cenários	Variáveis pessoais		Variáveis ambientais			
	Isolamento vestimenta (clo)	Taxa metabólica (met)	Temperatura ar (°C)	Temperatura radiante (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade ar (m/s)
A	0,38	1,2	Valores medidos			0,05
B	0,50	0,8				
C		1,2				
D		2,0				
E	1,00	0,8				
F		1,2				
G		2,0				

Fonte: o autor.

O cenário A corresponde ao isolamento de vestimenta médio dos ocupantes, obtido através dos questionários, e à taxa metabólica de atividade sedentária (1,2 met), conforme a ISO 7730 (2005), comum aos usuários, no dia-a-dia nos MAE.

Os cenários de B a D correspondem a um isolamento de vestimenta de uso diário de 0,50 clo, que pode ser composta, por exemplo, de camisa de manga curta, calças leves, meias de tecido leve e calçados, além da roupa de baixo, conforme a norma. A taxa metabólica varia de 0,8 met, correspondente a uma pessoa em repouso, reclinada, a 2,0 met, equivalente a uma atividade média e de pé, como, por exemplo, realizando algum trabalho doméstico ou operando máquinas, conforme a mesma norma.

Por sua vez, os cenários de E a G correspondem a um isolamento de vestimenta pouco superior, de 1,00 clo, composta, por exemplo, de camisa,

calças, jaqueta, meias e calçados, além de roupas de baixo, e taxa metabólica variando da mesma forma que para o grupo anterior.

Observa-se que o assento ou a cama que a pessoa utiliza também confere certo isolamento. Por exemplo, uma cadeira padrão de escritório pode conferir em torno de 0,1 clo, conforme a ISO 7730 (2005). Para a pessoa que se encontra reclinada, descansando, ainda é possível utilizar cobertores para obter um maior isolamento.

Comparando-se os resultados obtidos para cada cenário, foi possível verificar a sensibilidade do índice PMV ao ambiente estudado, considerando-se a influência das variáveis pessoais, diferentes para cada cenário.

Quanto à variável ambiental de velocidade do ar, foi utilizado o coeficiente de 0,05 m/s, para o cálculo do PMV, por se tratar de um ambiente interno condicionado artificialmente.

Como se percebeu que a diferença entre os resultados de PMV das três alturas estudadas, considerando-se os aspectos analisados por sua análise descritiva, ficou na ordem dos decimais, na segunda avaliação se considerou apenas a altura intermediária de cada ambiente para os cálculos. Vale lembrar que a altura intermediária é aquela em que foi medida a temperatura radiante, utilizada para o cálculo, e que corresponde à área central do corpo humano, no ambiente estudado.

Visando-se a obtenção de uma grande quantidade de resultados, com um maior grau de confiabilidade, na segunda avaliação com base no PMV os cálculos foram realizados através de um algoritmo que foi desenvolvido com a colaboração de um parceiro da pesquisa, o engenheiro Me. Paulo Vitor C. N. da Gama, tendo a ISO 7730 (2005) como referência principal. Ressalta-se que, durante o desenvolvimento do algoritmo, foram feitos vários testes comparativos com a *CBE Thermal Comfort Tool* (Ferramenta de Conforto Térmico do *Center for the Built Environment* ou Centro para o Ambiente Construído, Universidade da Califórnia em Berkeley – HOYT et al., 2013).

A partir dos resultados obtidos através dos cálculos realizados, foram gerados *boxplots*, que condensam os resultados de cada hora do dia, considerando todos os dias do período de medições, assim como na primeira avaliação.

Nesta segunda avaliação, também foram gerados gráficos para os períodos de inverno e verão, em separado, para comparação.

Dessa forma, assim como na primeira avaliação, foi possível realizar uma análise descritiva e comparativa dos vários resultados, dessa vez reunidos em grupos de cenários, períodos, horas e ambientes.

Ressalta-se que, para a análise dos resultados de PMV, foi considerado que as condições de conforto devem possibilitar que os usuários se sintam conforme suas preferências, sendo que para a maioria, essas condições devem propiciar a sensação de neutralidade térmica, ou seja, nem frio e nem calor, assim como é apresentado na ISO 7730 (2005).

Enfim, os resultados da avaliação técnica foram comparados aos da avaliação desenvolvida a partir do ponto de vista dos usuários, a fim de se estabelecer um panorama global das condições de conforto térmico dos MAE e do desempenho da edificação e seus sistemas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

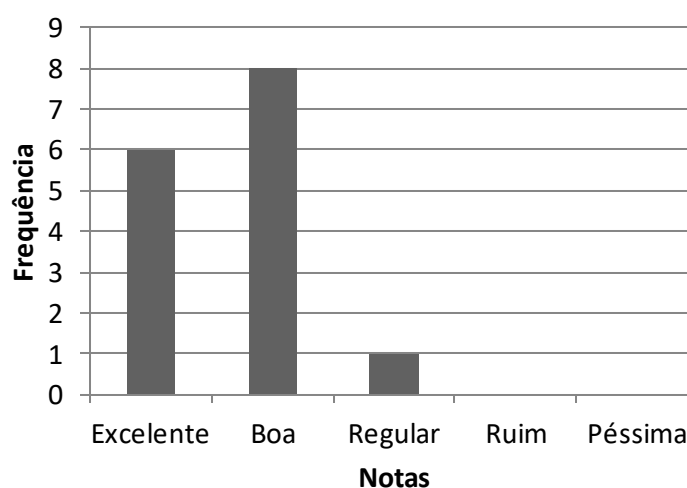
Os resultados obtidos são apresentados nos tópicos seguintes, juntamente com as discussões de sua análise, tendo sido agrupados conforme as etapas de desenvolvimento da pesquisa e da metodologia de avaliação, considerando-se os métodos específicos adotados para sua obtenção.

### 4.1. AVALIAÇÃO PRELIMINAR GERAL

Na primeira fase da pesquisa, foram identificados alguns problemas de estanqueidade, referentes às vedações de portas e janelas, diferença de temperatura no interior dos ambientes e dificuldade em controlar a temperatura, devido ao sistema de ajuste, como apresentado, detalhadamente, em Alvarez e Martins (2013).

Apesar desses problemas, as notas para a sensação térmica geral nos MAE, dadas pelos usuários, indicaram que o ambiente térmico da edificação apresenta condições favoráveis ao conforto (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Notas para a sensação térmica geral nos MAE, dadas pelos usuários, na avaliação preliminar da edificação

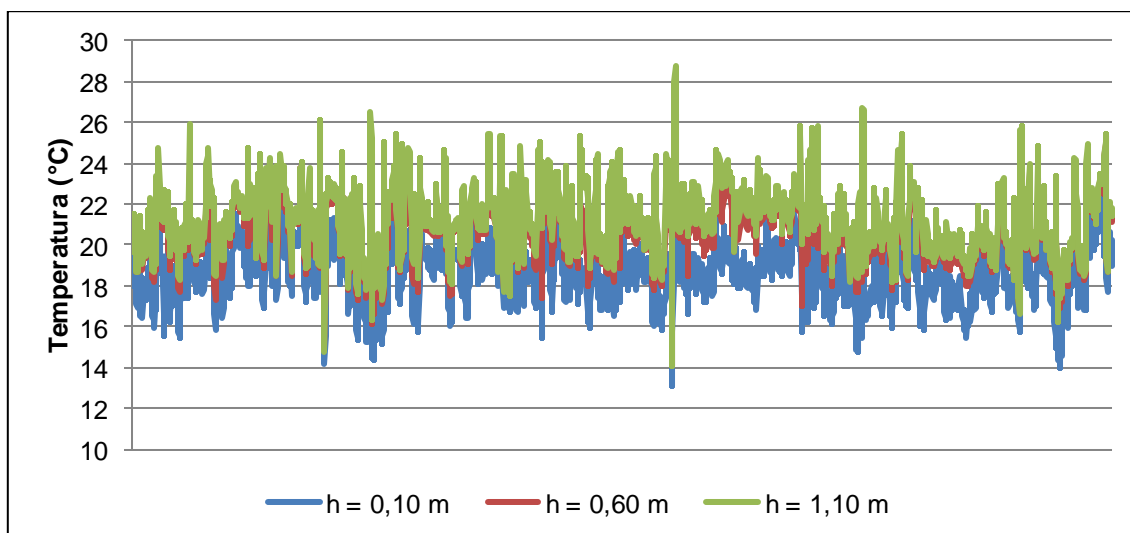


Fonte: o autor.

#### 4.2. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS AMBIENTES EM RELAÇÃO ÀS VARIÁVEIS TÉRMICAS AMBIENTAIS

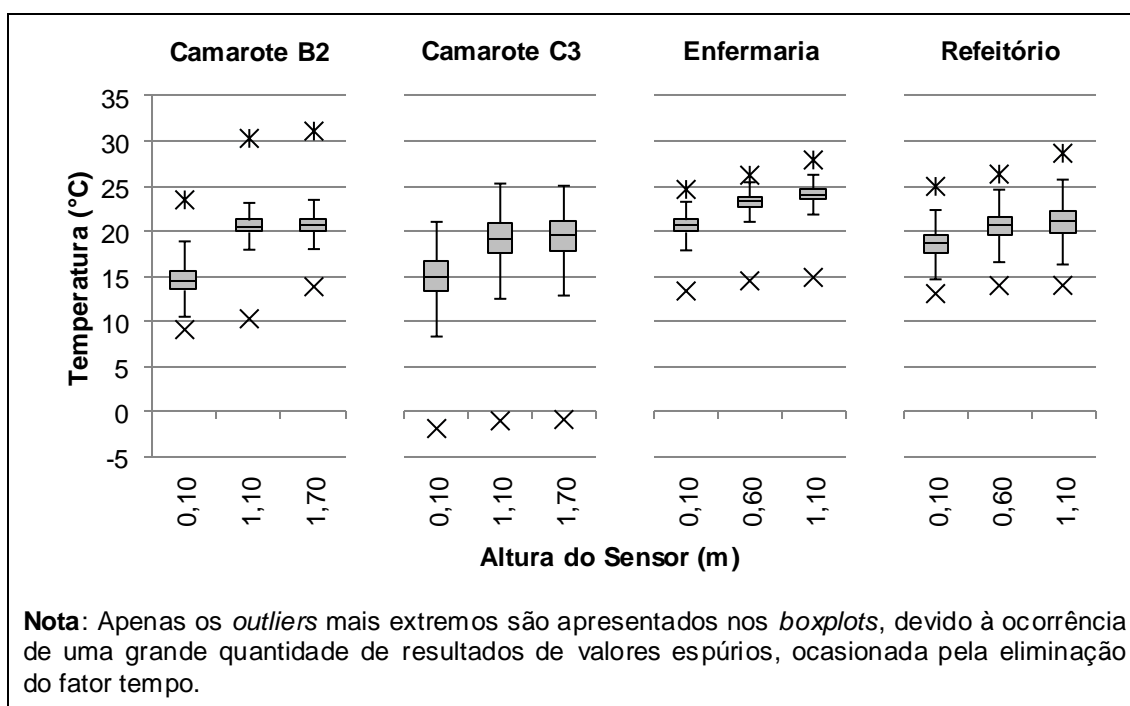
Os gráficos de 5 a 7 representam alguns dos resultados obtidos para a avaliação preliminar das variáveis térmicas ambientais, apresentados de forma integral em Martins e Alvarez (2015).

Gráfico 5 – Linha do tempo da temperatura do ar no refeitório para o período de 20 de março de 2014 a 14 de julho de 2014



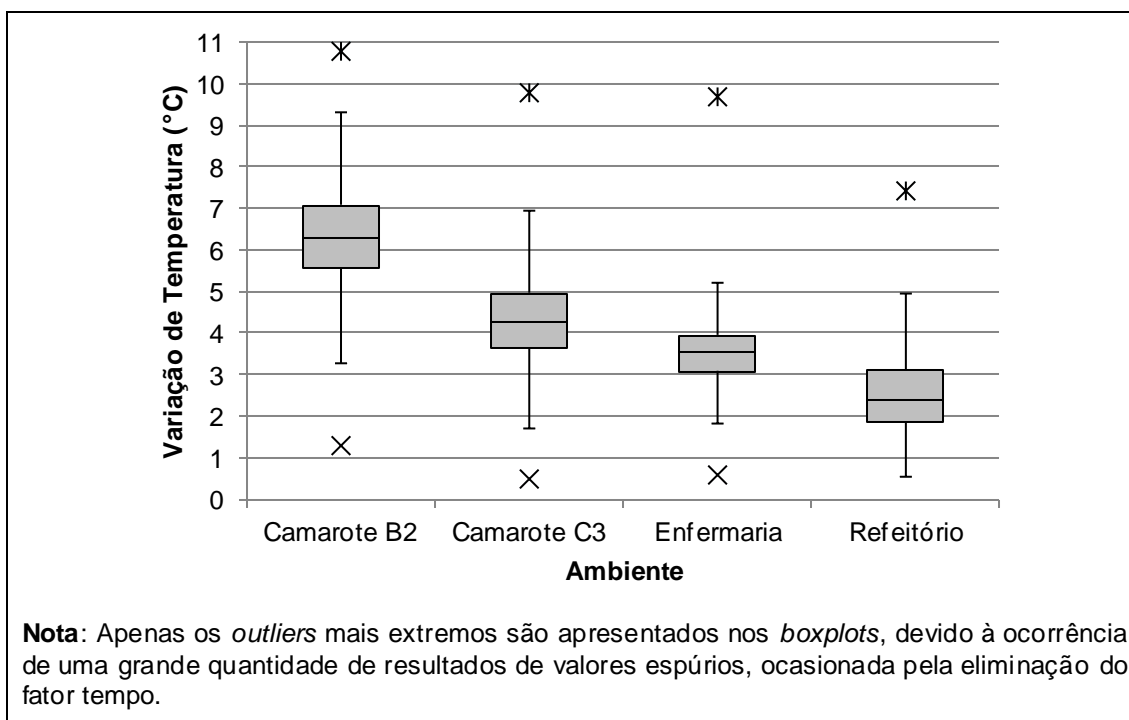
Fonte: o autor.

Gráfico 6 – *Boxplots* da temperatura do ar nos ambientes, para o período de 20 de março de 2014 a 14 de julho de 2014



Fonte: o autor.

Gráfico 7 – Diferenças verticais da temperatura do ar entre as alturas de medição superiores e inferiores nos ambientes, para o período de 20 de março de 2014 a 14 de julho de 2014



Fonte: o autor.

Observa-se que a análise foi feita a partir da comparação entre os dados de registros de ambientes com características diferentes entre si e de aparelhos de medição com alturas diferentes no mesmo ambiente ou de um ambiente para outro. Sendo assim, ao se comparar os dados de registros dos camarotes B2 e C3 com os dados de registro da enfermaria e do refeitório, deve-se lembrar de que nos camarotes os aparelhos de medição foram instalados em alturas diferentes daqueles instalados nos outros ambientes, resultando, ocasionalmente, no aumento das diferenças entre os valores de registros obtidos em cada recinto.

### - Temperatura do ar nos ambientes

A partir da análise dos resultados, percebeu-se que, em geral, a temperatura do ar, durante o período analisado, foi mais alta na enfermaria, seguida pelo refeitório, sendo que os camarotes B2 e C3 foram os ambientes em que a temperatura do ar, em geral, foi mais baixa.

Observando-se os *boxplots* do Gráfico 6, nota-se que o camarote C3 foi o cômodo onde a temperatura do ar apresentou maior variabilidade dos resultados nas três alturas dos sensores, seguido pelo refeitório, e depois pelo camarote B2, sendo que na enfermaria foi onde a temperatura do ar menos variou. Ressalta-se que não se trata das diferenças verticais da temperatura do ar apresentadas no Gráfico 7, mas sim da variabilidade dos resultados apresentados no gráfico anterior.

Notou-se uma tendência para temperaturas do ar mais baixas no camarote C3 e na enfermaria, sendo que no primeiro houve *outliers* abaixo de 0°C, o que pode ter acontecido por desligamento ou falha do sistema de aquecimento, bem como pela abertura de janelas, permitindo a entrada de ar frio e a perda de calor para o ambiente externo. Por sua vez, no camarote B2 e no refeitório, em geral, os resultados apresentaram maior simetria quanto à sua distribuição.

Em geral, a temperatura do ar registrada foi maior quanto maior fosse a altura do sensor, como era de se esperar. No entanto, algumas diferenças de temperatura registradas demonstraram prováveis falhas no sistema de isolamento e, também, na distribuição do calor. Também é possível que haja perda de calor pelo piso, com sua transmissão indevida através dos materiais utilizados, ainda considerando a estrutura metálica do heliponto, embaixo dos módulos. Observa-se que a questão da transmissão de calor pelos materiais utilizados nos MAE é passível de uma investigação mais aprofundada em um trabalho futuro, com a realização de medições em superfícies, que sejam específicas para esse fim.

No camarote B2, houve maior diferença vertical de temperatura do ar – por volta de 6,5°C –, seguido pelo camarote C3 – por volta de 4°C –, depois pela enfermaria – por volta de 3,5°C –, sendo que o refeitório foi o ambiente que apresentou menor diferença – por volta de 2,5°C. Mesmo assim, observa-se uma tendência para um aumento na diferença vertical da temperatura do ar no refeitório. Nota-se, ainda, que houve resultados *outliers* de diferença vertical próxima de 11°C, no camarote B2, próximas de 10°C, no camarote C3 e na enfermaria, e acima de 7°C, no refeitório.



### **- Umidade relativa do ar nos ambientes**

Quanto à umidade relativa do ar, durante o período analisado, em geral, ela foi mais alta no camarote B2, seguido pelo camarote C3 e o refeitório, sendo que a enfermaria foi o ambiente em que essa umidade, em geral, foi mais baixa.

Assim como para a temperatura do ar, o camarote C3 foi o cômodo onde a umidade relativa do ar apresentou maior variabilidade dos resultados, nas três alturas dos sensores, seguido pelo refeitório e o camarote B2, sendo que na enfermaria foi onde essa umidade menos variou. Observa-se que, na enfermaria, há um pequeno banheiro com pia e chuveiro, que podem influenciar na umidade do ambiente.

Notou-se certa tendência para umidade relativa do ar mais alta em todos os ambientes, sendo que no refeitório houve resultados *outliers* acima de 70%, para as três alturas, e os camarotes também apresentaram resultados próximos disso. Observa-se que o refeitório está conjugado com a cozinha, onde se produz uma grande quantidade de vapor, que também pode influenciar na umidade do ambiente.

Em geral, a umidade relativa do ar registrada foi maior quanto menor fosse a altura do sensor, ao contrário da temperatura do ar. Independente disso, assim como para temperatura do ar, no camarote B2 houve maior diferença vertical de umidade relativa do ar – por volta de 10,5% –, seguido pelo camarote C3 – por volta de 6,5% –, depois pela enfermaria – por volta de 5% – e o refeitório – por volta de 4,5%. Observou-se uma tendência para uma maior diferença vertical no camarote C3, onde houve resultados *outliers* acima de 20%. Nota-se, ainda, que houve resultados *outliers* de diferença vertical próxima de 20%, no camarote B2, próxima de 15% na enfermaria, e acima de 10%, no refeitório.

### **- Resumo comparativo e conclusões parciais**

A Tabela 10 apresenta o resumo comparativo entre ambientes e variáveis, dessa análise preliminar:

Tabela 10 – Resumo comparativo da primeira análise descritiva do comportamento das variáveis térmicas ambientais nos MAE

Aspecto avaliado	Temperatura do Ar	Umidade Relativa do Ar
Valores de registro	enf > ref > cams B2 e C3	cam B2 > cam C3 e ref > enf
Variabilidade dos resultados	cam C3 > ref > cam B2 > enf	cam C3 > ref e cam B2 > enf
Tendência para valores mais baixos	Mais no cam C3 e pouco na enf	Pouco em todos e mais no ref
Diferença vertical	cam B2 > cam C3 > enf > ref	cam B2 > cam C3 > enf e ref
Tendência para maior diferença vertical	Mais no ref e pouco na enf	Mais no cam C3 e pouco na enf

**Legenda:** cam = camarote; enf = enfermaria; ref = refeitório.

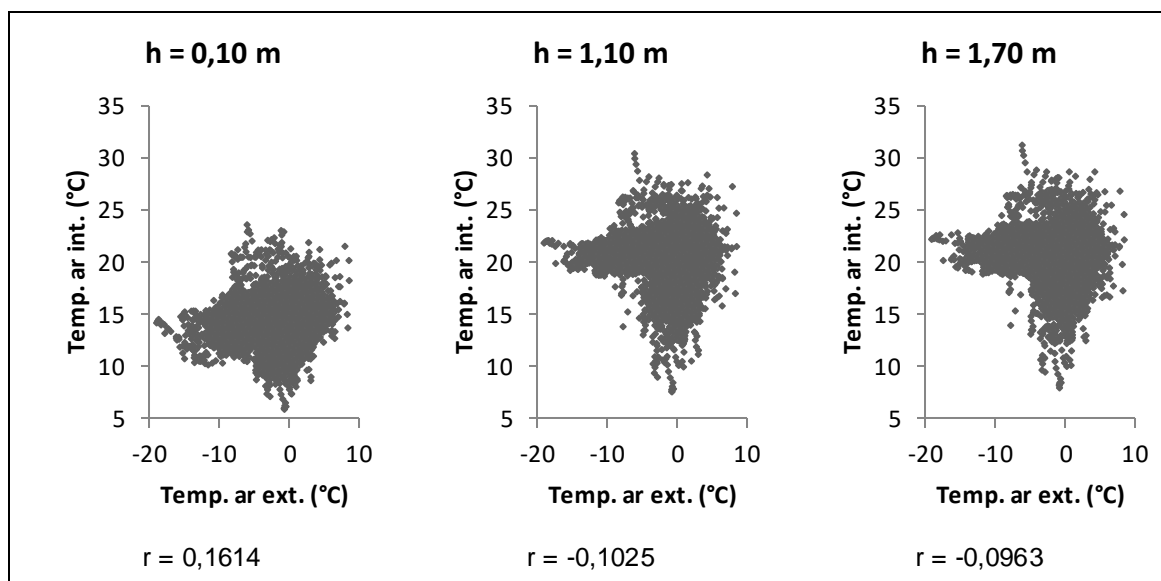
Fonte: adaptada de Martins e Alvarez (2015).

Compreendendo-se o comportamento das variáveis ambientais medidas nos ambientes estudados, através da análise realizada, foi possível comparar os resultados obtidos com as respostas dos usuários. Como conclusões parciais, observou-se que os principais aspectos negativos relatados pelos usuários e publicados em Martins e Alvarez (2013) são facilmente compreendidos, visto que há uma perceptível distribuição não uniforme da temperatura interna dos ambientes, provavelmente ocasionada por perda de calor, devido aos problemas de estanqueidade ou por falhas oriundas do comportamento dos usuários, como por exemplo, deixar portas e janelas abertas ou mal fechadas.

#### 4.3. CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURAS EXTERNA E INTERNA

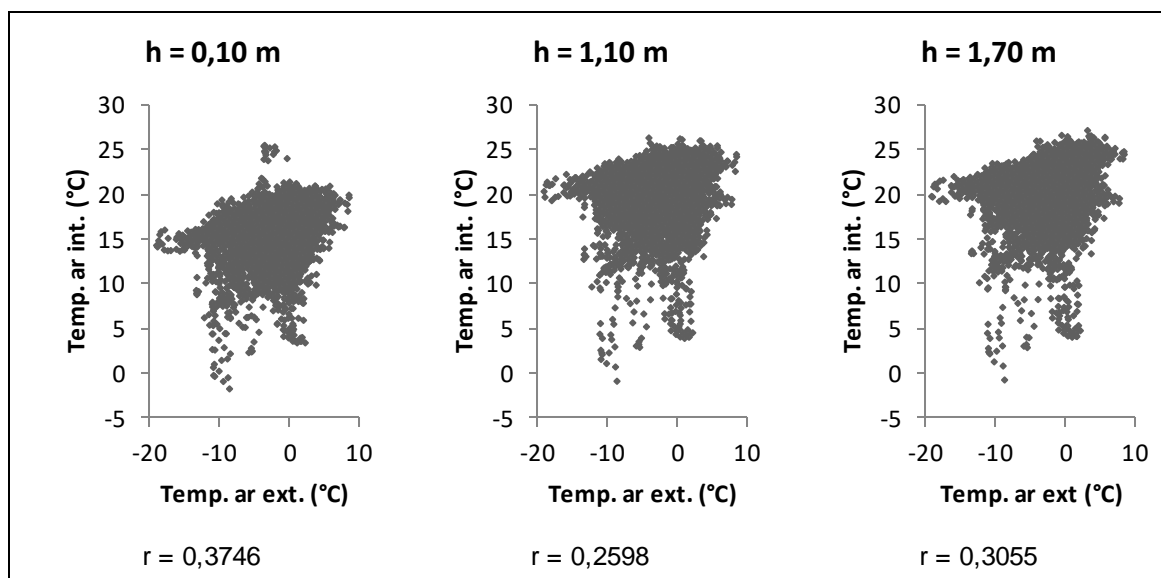
Os gráficos de 8 a 11 apresentam os diagramas de dispersão para temperatura externa e interna nos ambientes estudados, incluindo os valores obtidos para o coeficiente de correlação 'r', que mede a intensidade de associação linear entre as variáveis. Observa-se que este coeficiente pode variar de -1,0 a 1,0, sendo que quanto mais próximo de zero, menor é o grau de relacionamento linear.

Gráfico 8 – Diagramas de dispersão para temperatura externa e interna, no Camarote B2, considerando as três alturas de medição interna.



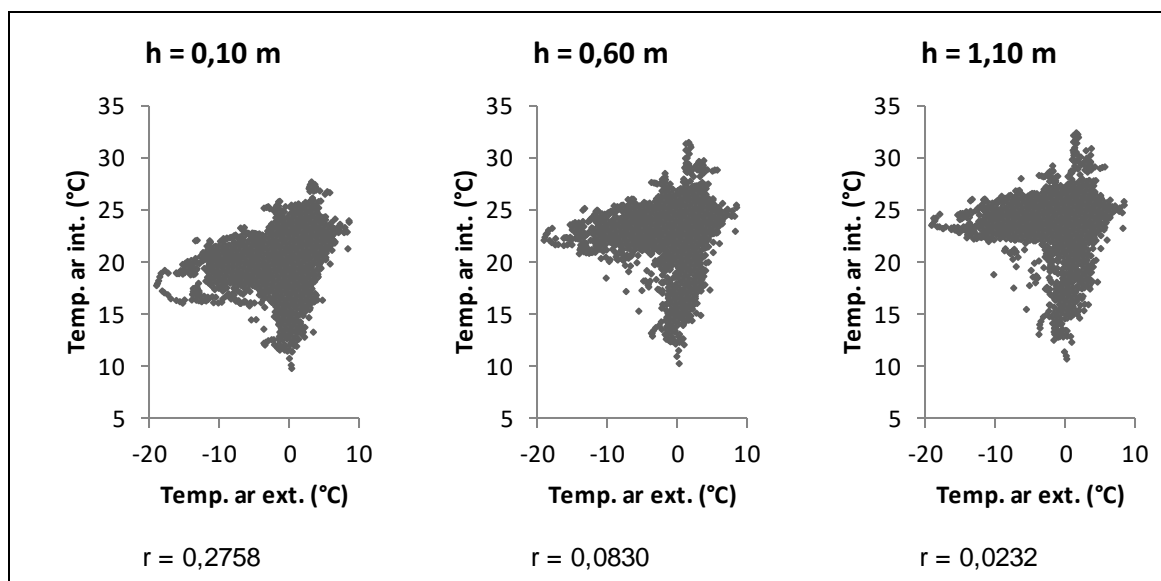
Fonte: Dados de temperatura externa disponibilizados pelo Laboratório de Interação Ar-Mar – LIAM, pertencente ao Grupo de Micrometeorologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG, da Universidade de São Paulo – USP.

Gráfico 9 – Diagramas de dispersão para temperatura externa e interna, no Camarote C3, considerando as três alturas de medição interna.



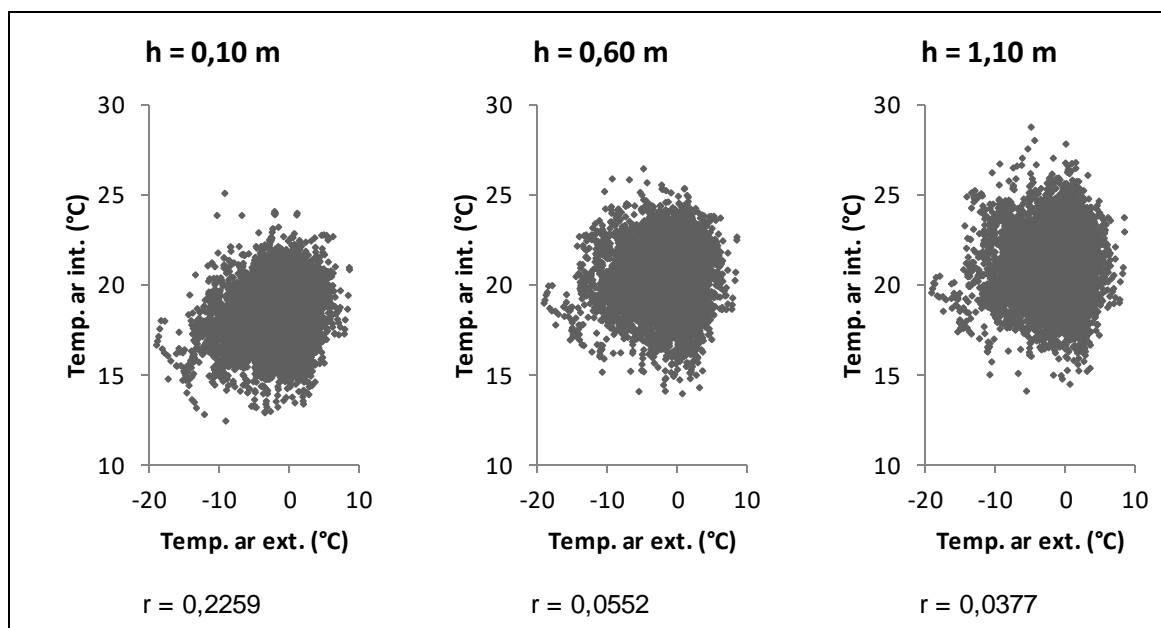
Fonte: Dados de temperatura externa disponibilizados pelo Laboratório de Interação Ar-Mar – LIAM, pertencente ao Grupo de Micrometeorologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG, da Universidade de São Paulo – USP.

Gráfico 10 – Diagramas de dispersão para temperatura externa e interna, na Enfermaria, considerando as três alturas de medição interna.



Fonte: Dados de temperatura externa disponibilizados pelo Laboratório de Interação Ar-Mar – LIAM, pertencente ao Grupo de Micrometeorologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG, da Universidade de São Paulo – USP.

Gráfico 11 – Diagramas de dispersão para temperatura externa e interna, no Refeitório, considerando as três alturas de medição interna.



Fonte: Dados de temperatura externa disponibilizados pelo Laboratório de Interação Ar-Mar – LIAM, pertencente ao Grupo de Micrometeorologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG, da Universidade de São Paulo – USP.

Percebe-se que as nuvens de pontos de todos os gráficos são bem dispersas, sendo que os pontos não se agrupam em torno de uma possível reta de regressão diagonal, o que indica que não há correlação entre as temperaturas

internas e externas. Os valores obtidos para o coeficiente de correlação 'r' confirmam o baixo grau de dependência estatística linear entre as variáveis. Com isso, é possível se deduzir que a envoltória mantém o ambiente interno termicamente bem isolado do externo, de forma relativa, e/ou que o sistema de aquecimento é capaz de compensar as diferenças de temperatura.

#### 4.4. ANÁLISE DESCRITIVA DA TEMPERATURA OPERATIVA NOS AMBIENTES FRENTE À ISO 7730:2005 E À ASHRAE 55:2010

A seguir, são apresentados os resultados para análise descritiva da temperatura operativa nos três ambientes em que foram obtidas as temperaturas radiantes, necessárias para o cálculo, nas alturas intermediárias, em que a mesma foi medida, para os períodos determinados com a aplicação do método de Akutsu e Vittorino (1991), apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Períodos determinados para a avaliação dos MAE

<b>Geral</b>	Abrange todo o período de medições (registros de 20 de março de 2014, às 19h, a 11 de março de 2015, às 20h)
<b>Verão</b>	Abrange os meses de janeiro e fevereiro (registros de 2015)
<b>Inverno</b>	Abrange os meses de junho a agosto (registros de 2014)

Fonte: o autor.

Nota-se que o camarote B2 não foi considerado nesta análise, devido a falhas não solucionadas nas medições da temperatura radiante, que comprometeram o cálculo da temperatura operativa para este ambiente.

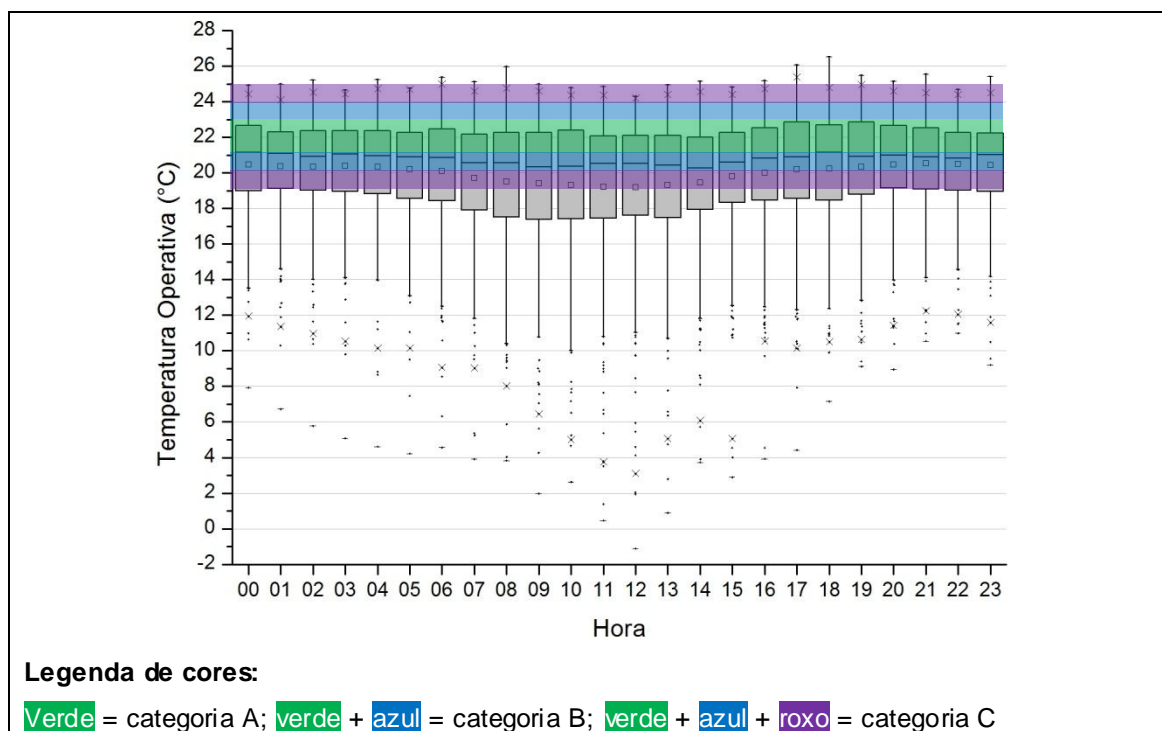
A temperatura operativa foi calculada como a média da temperatura do ar e da temperatura radiante, conforme recomendações da ISO 7726 (1998) para situações em que a velocidade do ar é inferior a 0,2 m/s ou em que a diferença entre as duas temperaturas medidas é inferior a 4°C.

Observa-se que para a comparação com a ISO 7730 (2005), foram considerados os coeficientes determinados para o período que a norma denomina como de inverno – diferente dos períodos determinados pelo método de Akutsu e Vittorino (1991) –, em que se utiliza do sistema de aquecimento, sendo que nos MAE o sistema de aquecimento é utilizado durante todo o ano.

### - Camarote C3

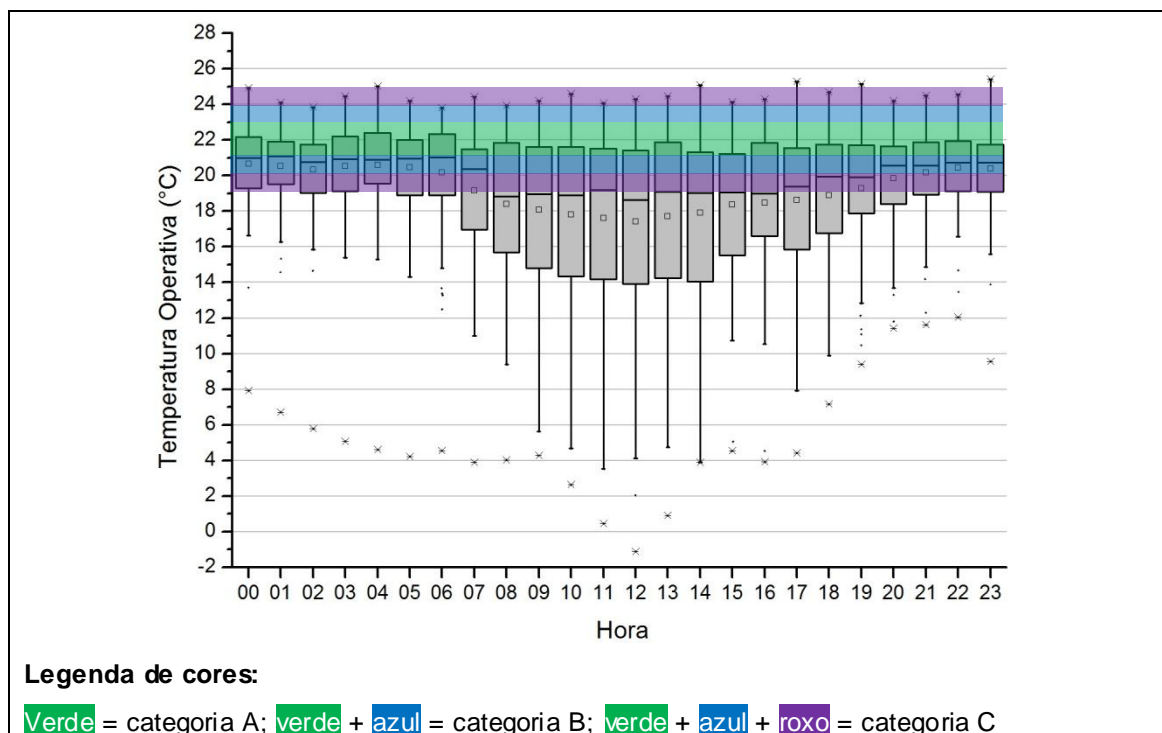
No camarote C3, a concentração dos resultados – considerando-se os 50% deles em torno da mediana (representados pela caixa cinza nos gráficos 12 e 13) – foi além dos limites para a categoria C da ISO 7730 (2005), em grande parte das horas, para todo o período de medições e para o período de inverno. Observa-se que os 25% de resultados abaixo da concentração, que são representados pelos segmentos de reta de valores adjacentes e pontos de valores atípicos abaixo das caixas em cinza, foram bem além dos limites da norma, chegando a temperaturas relativamente próximas de zero em algumas horas.

Gráfico 12 – Temperatura operativa por hora no Camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)



Fonte: o autor.

Gráfico 13 – Temperatura operativa por hora no Camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)



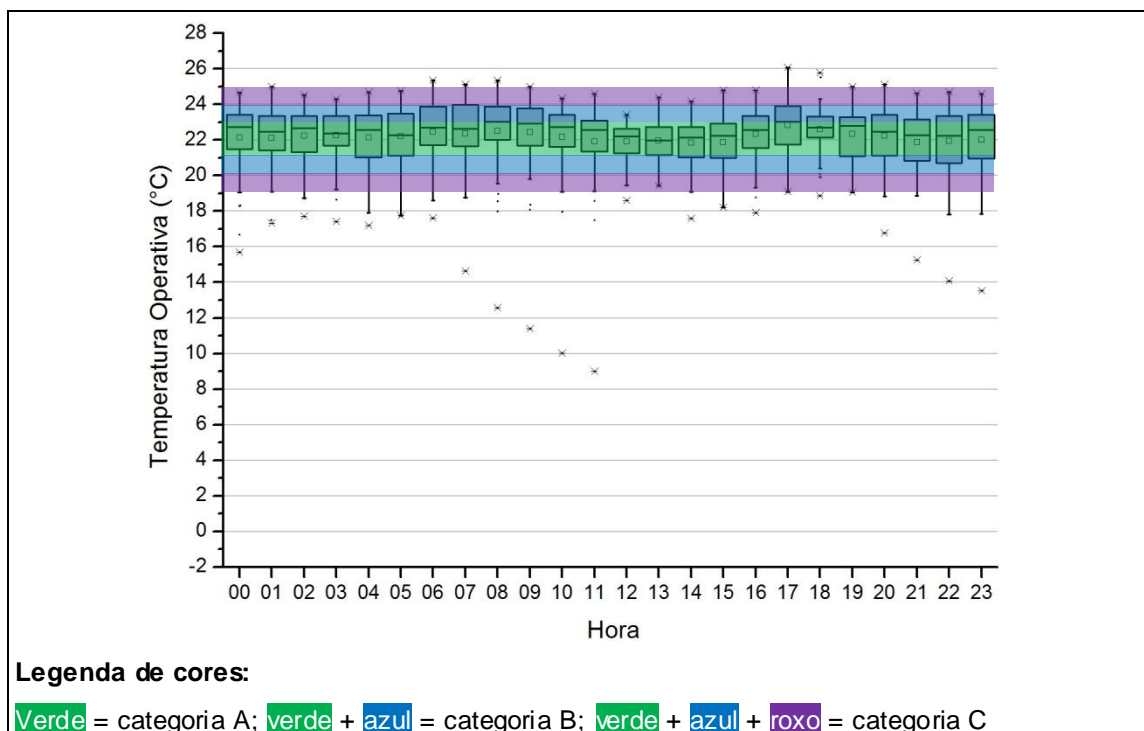
Fonte: o autor.

Percebe-se que, nestes períodos, houve uma evidente queda da temperatura a partir das 07 horas, que é o horário em que os usuários costumam acordar, começando a se movimentar de um cômodo para outro, abrindo portas e, consequentemente, permitindo as trocas de calor entre os ambientes. Provavelmente, ao abrir das portas, há perda de calor do camarote C3 para o corredor de acesso, que é menos aquecido.

Também é possível que as concentrações com menores temperaturas fiquem ao redor do meio-dia, em geral, pois os usuários não costumam permanecer nos camarotes nesses horários, não havendo um controle da temperatura.

Em contrapartida, no período de verão (Gráfico 14), a concentração dos resultados do camarote C3 se enquadrou na categoria A, em algumas horas, e na categoria B, em outras. Como há um maior número de usuários nos MAE, neste período, os camarotes acabam sendo mais utilizados durante o dia, o que pode garantir um maior controle da temperatura.

Gráfico 14 – Temperatura operativa por hora no Camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)



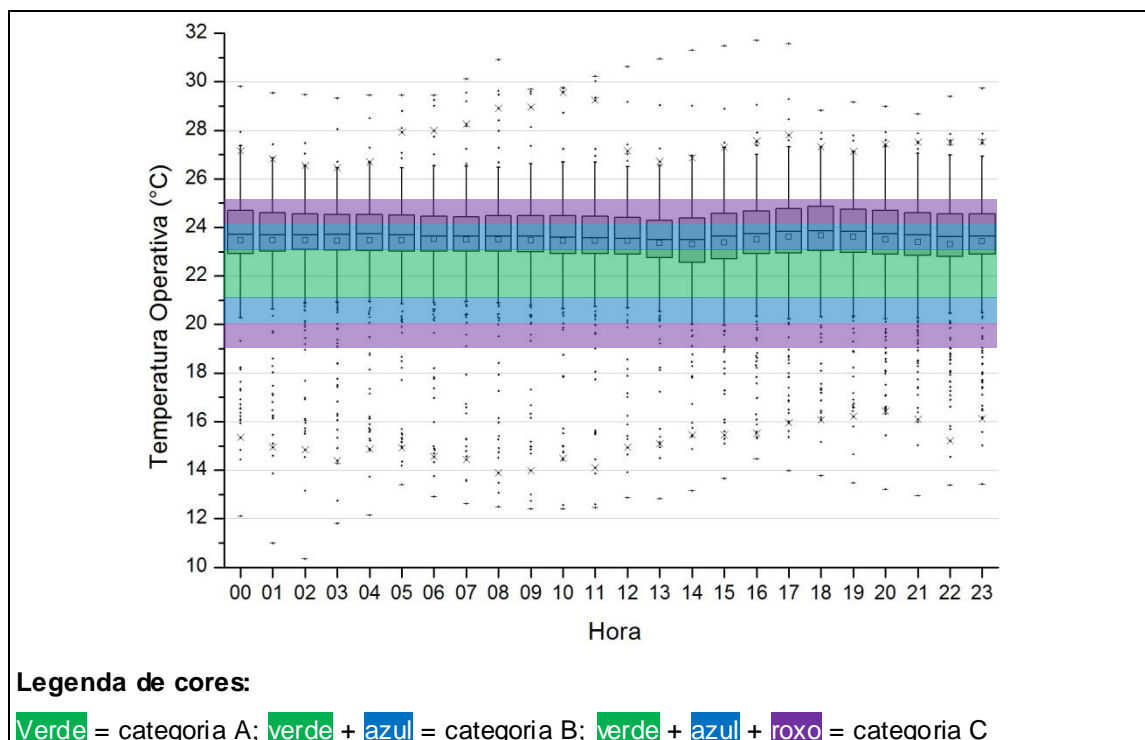
Fonte: o autor.

## - Enfermaria

Na enfermaria, em geral a concentração dos resultados ficou acima da apresentada para o camarote C3, e se enquadrou na categoria C para todo o período de medições (Gráfico 15) e para o período de verão (Gráfico 16), e na categoria B para o período de inverno (Gráfico 17).

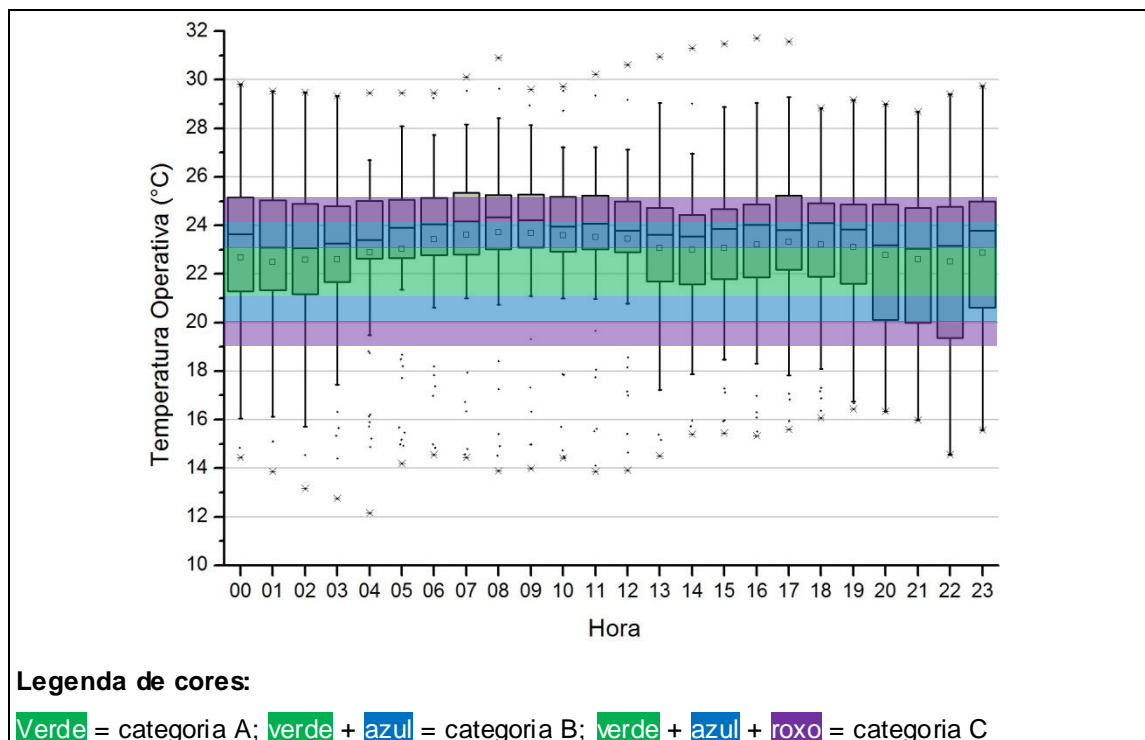


Gráfico 15 – Temperatura operativa por hora na Enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)



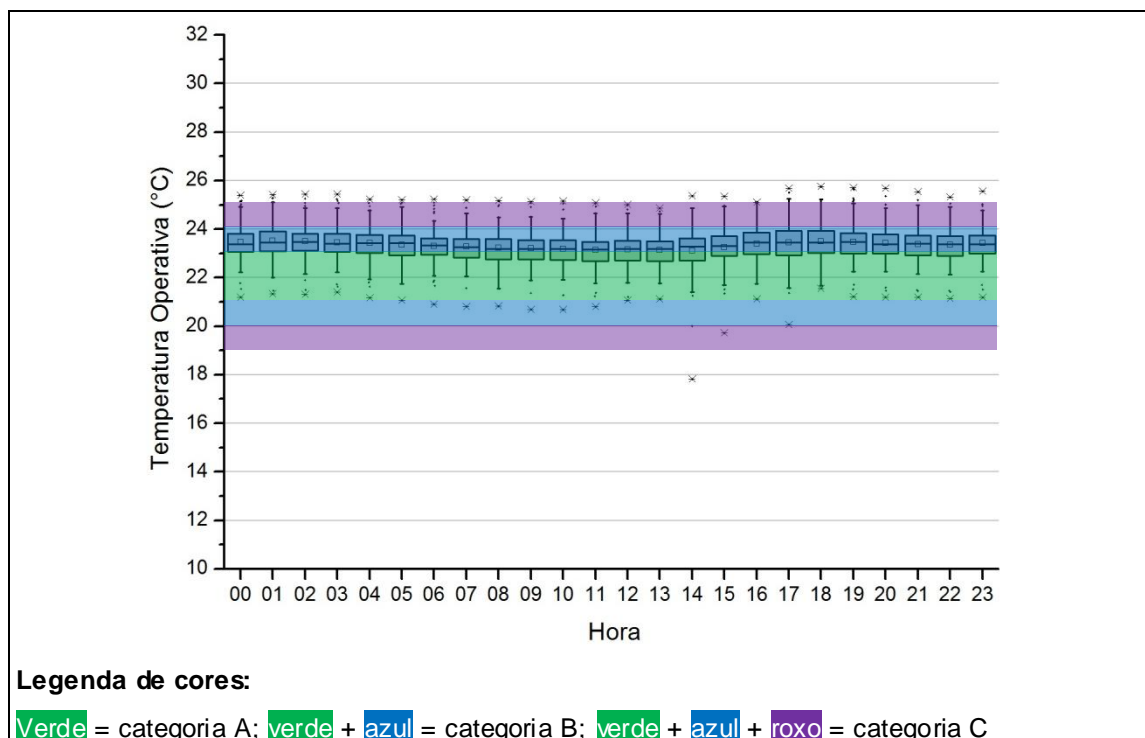
Fonte: o autor.

Gráfico 16 – Temperatura operativa por hora na Enfermaria para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)



Fonte: o autor.

Gráfico 17 – Temperatura operativa por hora na Enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)



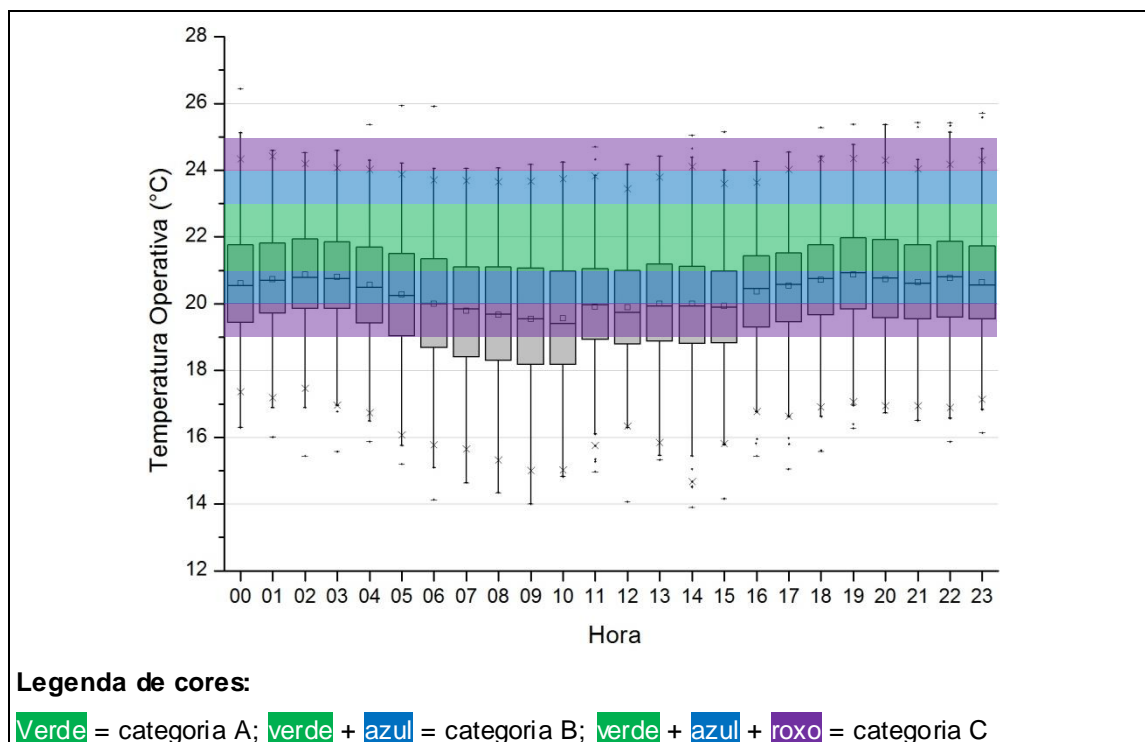
Fonte: o autor.

No período de verão, além das maiores amplitudes, em várias horas as concentrações dos resultados abrangeram temperaturas inferiores às abrangidas pelas concentrações dos outros períodos. Isso pode ser devido ao fato de que, por haver mais pessoas nos MAE durante esse período, também há mais trocas e perdas de calor por abertura de portas.

### - Refeitório

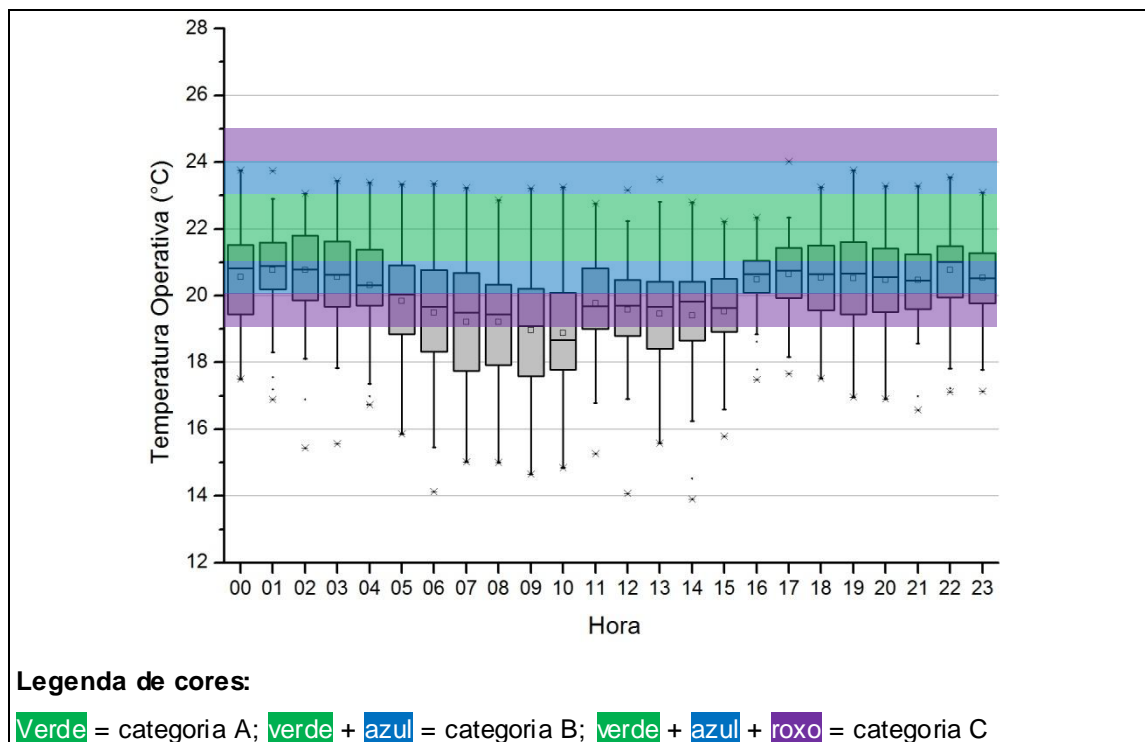
No Refeitório, a concentração dos resultados foi além dos limites para a categoria C em algumas horas, para todo o período de medições (Gráfico 18) e, principalmente, para o período de verão (Gráfico 19), mas pôde se enquadrar nessa mesma categoria no período de inverno (Gráfico 20).

Gráfico 18 – Temperatura operativa por hora no Refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)



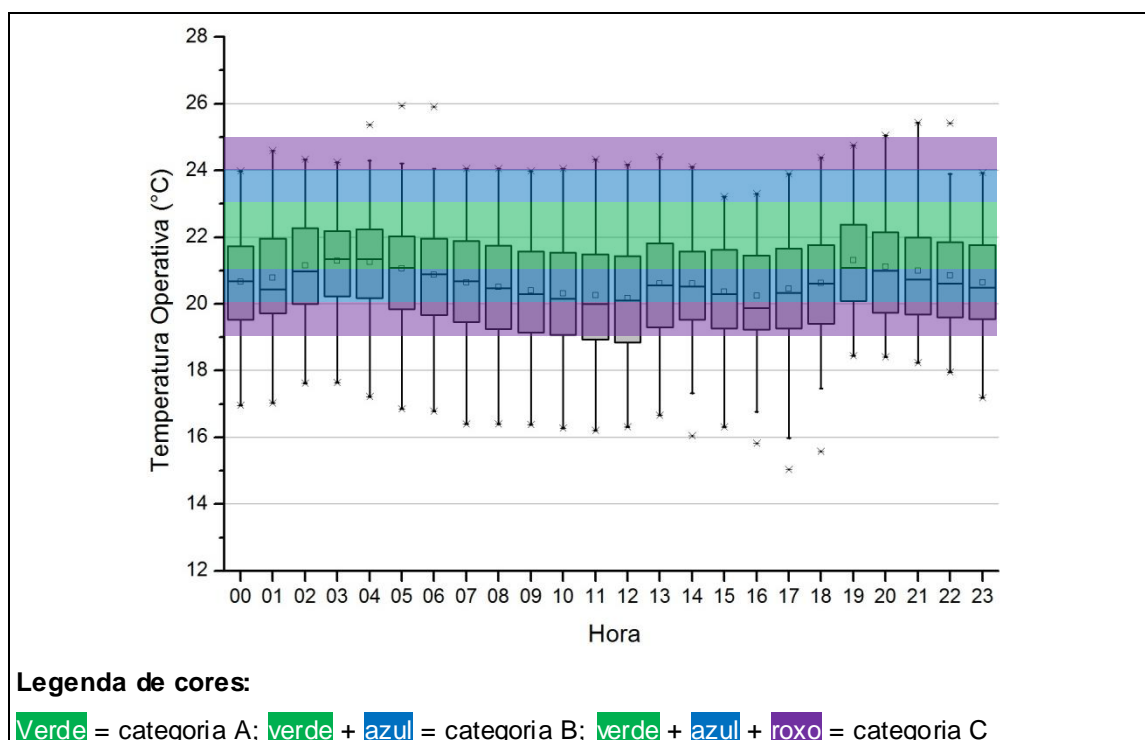
Fonte: o autor.

Gráfico 19 – Temperatura operativa por hora no Refeitório para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)



Fonte: o autor.

Gráfico 20 – Temperatura operativa por hora no Refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730 (2005) para período em que se utiliza do sistema de aquecimento (isolamento de vestimenta = 1,0 clo)



Fonte: o autor.

Acredita-se que a queda da concentração dos resultados observada no período de verão, para abaixo dos limites da categoria C, também se deva ao fato de que durante esse período há mais pessoas nos MAE e, com isso, há mais trocas de calor por abertura de portas.

Observou-se, ainda, que o comportamento da temperatura no refeitório é influenciado pela forma com que a cozinha é utilizada, sendo um ambiente adjacente ao outro. Após o café da manhã, há uma grande movimentação de usuários de um ambiente para outro, abrindo-se as portas e causando perda de calor, sendo que, de 08 às 10 horas, não há atividade de cozimento para se aquecer mais o ambiente. Destaca-se que essas observações são bastante coerentes com os resultados apresentados para o período de verão e para todo o período de medições. Além disso, quando a cozinha começa a funcionar para o almoço, o ambiente tende a esquentar mais do que o resfriamento causado pelo abrir e fechar de portas. De madrugada, não há movimentação de usuários.




## - Síntese

Em resumo, a enfermaria apresentou os maiores resultados para temperatura operativa, considerando-se sua concentração geral, sendo o ambiente de menor uso e, conseqüentemente, menor trânsito de usuários, apesar de que no verão, com um maior trânsito que nos outros períodos, houve perda de calor. Notou-se também que em todos os períodos a concentração de seus resultados se enquadrou em alguma categoria da norma (Tabela 11).

Tabela 11 – Síntese dos resultados de temperatura operativa nos ambientes, considerando a análise de sua concentração geral e seu enquadramento nas categorias da ISO 7730:2005

Ambiente	Período		
	Geral	Inverno	Verão
Camarote C3	Concentração de resultados entre 17°C e 23°C, <u>além dos limites das categorias</u> em grande parte das horas, com <i>outliers</i> abaixo de 2°C	Concentração de resultados de aproximadamente 14°C a 22,5°C, <u>além dos limites das categorias</u> em grande parte das horas, com <i>outliers</i> abaixo de 2°C	Concentração de resultados entre aproximadamente 20,5°C e 24°C, <u>categoria A</u> , em algumas horas, e <u>categoria B</u> , em outras, com <i>outliers</i> abaixo de 12°C
Enfermaria	Concentração de resultados de aproximadamente 22,5°C a 25°C, <u>categoria C</u> , com <i>outliers</i> abaixo de 12°C e acima de 31°C	Concentração de resultados entre 22,5°C e 24°C, <u>categoria B</u> , com <i>outliers</i> próximos dos limites das categorias	Concentração de resultados entre 19°C e aproximadamente 25°C, <u>categoria C</u> , com <i>outliers</i> abaixo de 14°C e acima de 31°C
Refeitório	Concentração de resultados entre 18°C e 22°C, <u>além dos limites das categorias</u> em algumas horas, com <i>outliers</i> abaixo de 15°C	Concentração de resultados de aproximadamente 19°C a 22,5°C, <u>categoria C</u> , com <i>outliers</i> abaixo de 16°C	Concentração de resultados entre 17,5°C e 22°C, <u>além dos limites das categorias</u> em algumas horas, com <i>outliers</i> abaixo de 15°C

### Legenda de cores:

	Concentração geral se enquadra na <u>categoria A</u> da ISO 7730:2005
	Concentração geral se enquadra na <u>categoria B</u> da ISO 7730:2005
	Concentração geral se enquadra na <u>categoria C</u> da ISO 7730:2005

Fonte: o autor.

De forma geral, o camarote C3 foi o ambiente que apresentou as maiores amplitudes de temperatura, sendo que, em contrapartida, os resultados deste ambiente foram os únicos cuja concentração chegou a se enquadrar na

categoria A, em algumas horas no período de verão. Notou-se queda da temperatura a partir das 07 horas, quando os usuários acordam e começam a se movimentar de um ambiente para outro, abrindo as portas e causando perda de calor. Também se observaram concentrações com menores temperaturas ao meio-dia, quando os usuários não permanecem no ambiente para controlar a temperatura, sendo que, no verão, a maior utilização durante o dia garante um maior controle.

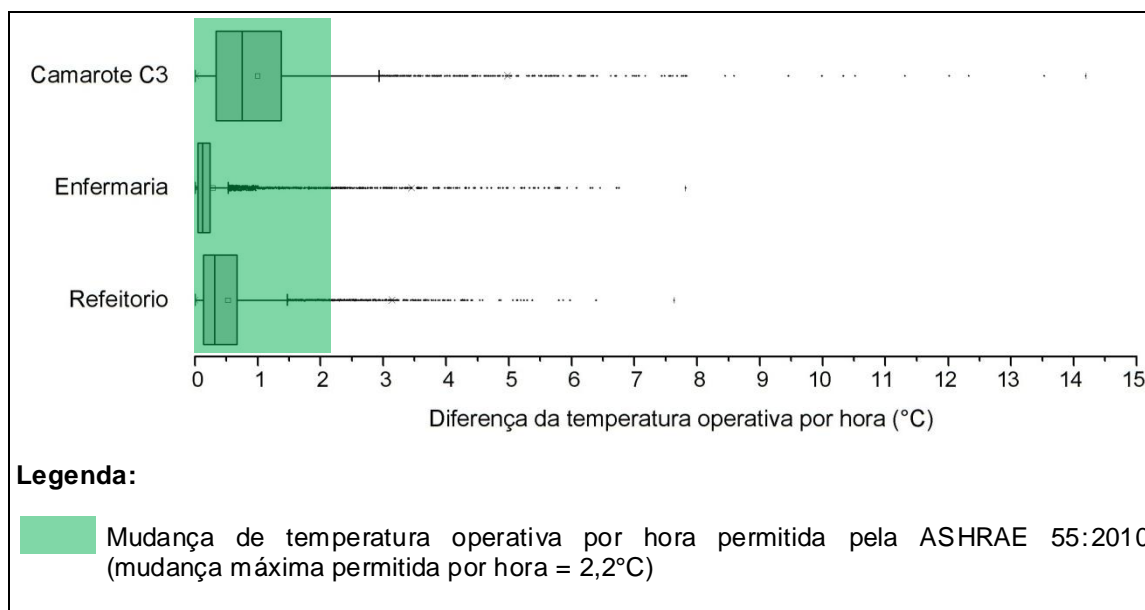
Por sua vez, o comportamento da temperatura do refeitório é influenciado pela utilização do ambiente adjacente da cozinha. Dessa forma, com a movimentação de usuários após o café da manhã e a abertura de portas, há perda de calor, com queda da temperatura, o que é acentuado no verão, com o maior número de usuários. De 08 às 10 horas, não há atividade de cozimento, mas quando a cozinha começa a funcionar para o almoço, o refeitório tende a esquentar.

Com algum ajuste no comportamento em uso ou na edificação, seu ambiente térmico poderia ser classificado como de categoria C, da ISO 7730 (2005).

#### **- Complemento: diferenças da temperatura operativa entre horas**

O Gráfico 21 apresenta as diferenças da temperatura operativa entre horas seguidas para todo o período de medições, nos três ambientes estudados.

Gráfico 21 – Diferenças da temperatura operativa entre horas seguidas para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) nos ambientes



Fonte: o autor.

Percebe-se que a enfermaria foi o ambiente em que as diferenças da temperatura operativa entre horas seguidas foram menores, em geral abaixo de 0,25°C, seguida do refeitório, em sua maioria abaixo de 0,75°C, sendo que o camarote C3 foi o que apresentou as maiores mudanças, com concentração abaixo de 1,5°C.

No camarote C3, 8,90% destes resultados foram superiores à mudança máxima de temperatura operativa permitida por hora pela ASHRAE 55 (2010), isto é, de 2,2°C, conforme apresentado na Tabela 2, no capítulo de revisão bibliográfica, ao passo que na enfermaria esse coeficiente foi de apenas 2,36%, enquanto no refeitório o mesmo foi de 3,17%.

Tratando-se de uma edificação provisória na região antártica, onde as mudanças climáticas são fortes e frequentes, entende-se que esses coeficientes são baixos e satisfatórios para o conforto dos usuários.

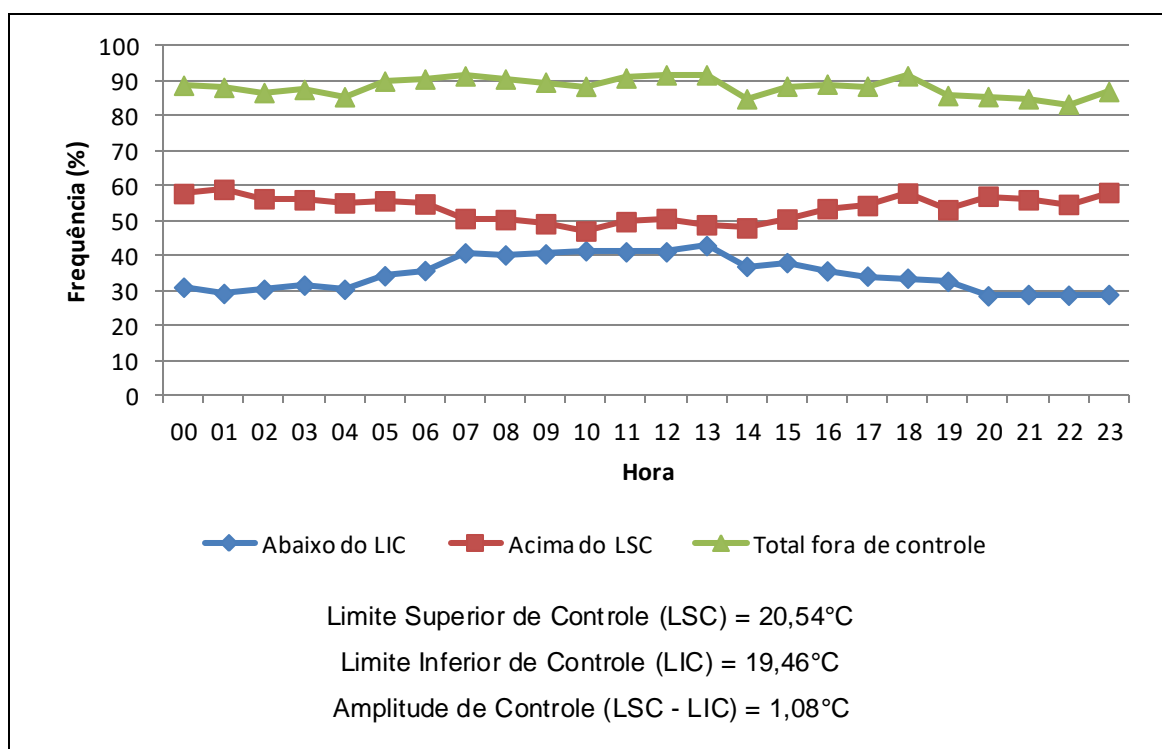
#### 4.5. CONTROLE DA TEMPERATURA OPERATIVA NOS AMBIENTES

A seguir, são apresentados os resultados de controle da temperatura operativa nos três ambientes em que a mesma foi obtida.

### - Camarote C3

No camarote C3, para todo o período de medições, mais de 80% dos resultados de temperatura operativa extrapolaram os limites de controle, considerando-se o total percentual de resultados acima do limite superior mais o percentual abaixo do limite inferior, para todas as horas, de forma geral (Gráfico 22).

Gráfico 22 – Controle da temperatura operativa no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h)



Fonte: o autor.

Ressalta-se que a faixa de controle, que vai do limite inferior ao superior, pode ser enquadrada na categoria C da ISO 7730 (2005), para a qual se considera uma temperatura operativa de  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , para quando se utiliza do sistema de aquecimento, e teve uma amplitude de pouco mais de  $1^{\circ}\text{C}$ .

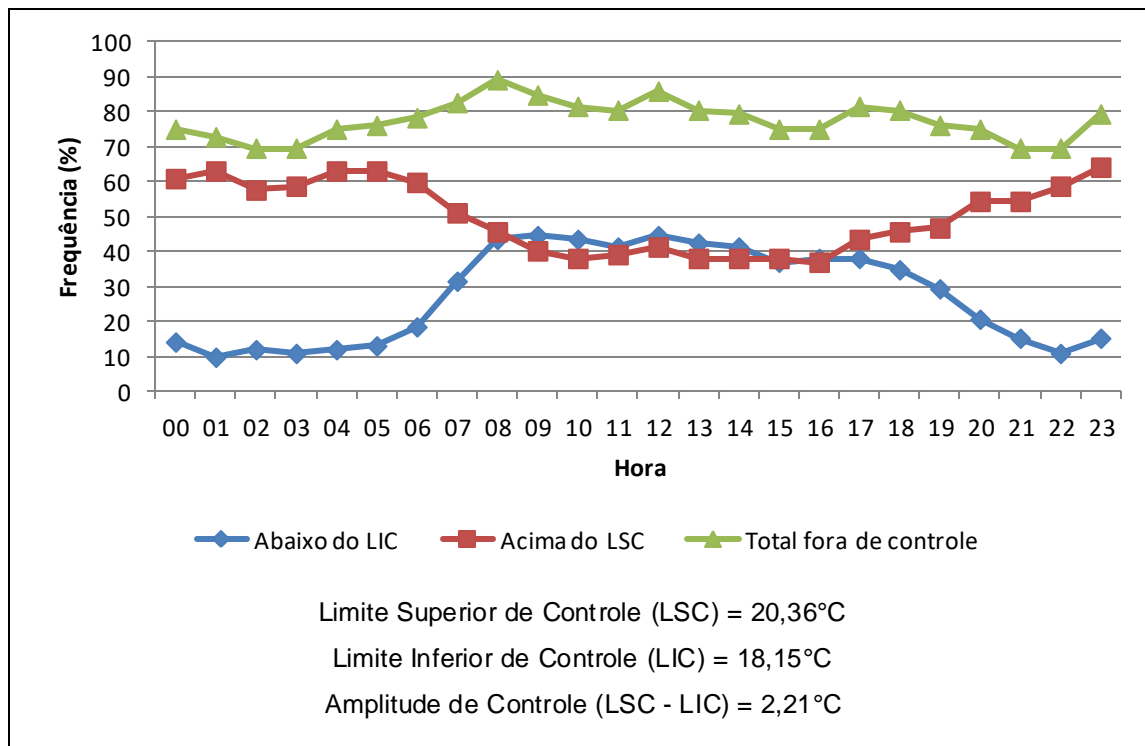
Nota-se também que as porcentagens dos resultados acima do limite superior de controle foram maiores do que as porcentagens de resultados abaixo do limite inferior, para todas as horas.

No período de inverno, no total, mais de 70% dos resultados, aproximadamente, ficaram fora de controle, considerando-se todas as horas,



de forma geral, sendo que a faixa de controle foi além das categorias da norma e teve uma amplitude de pouco mais de 2°C (Gráfico 23).

Gráfico 23 – Controle da temperatura operativa no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h)

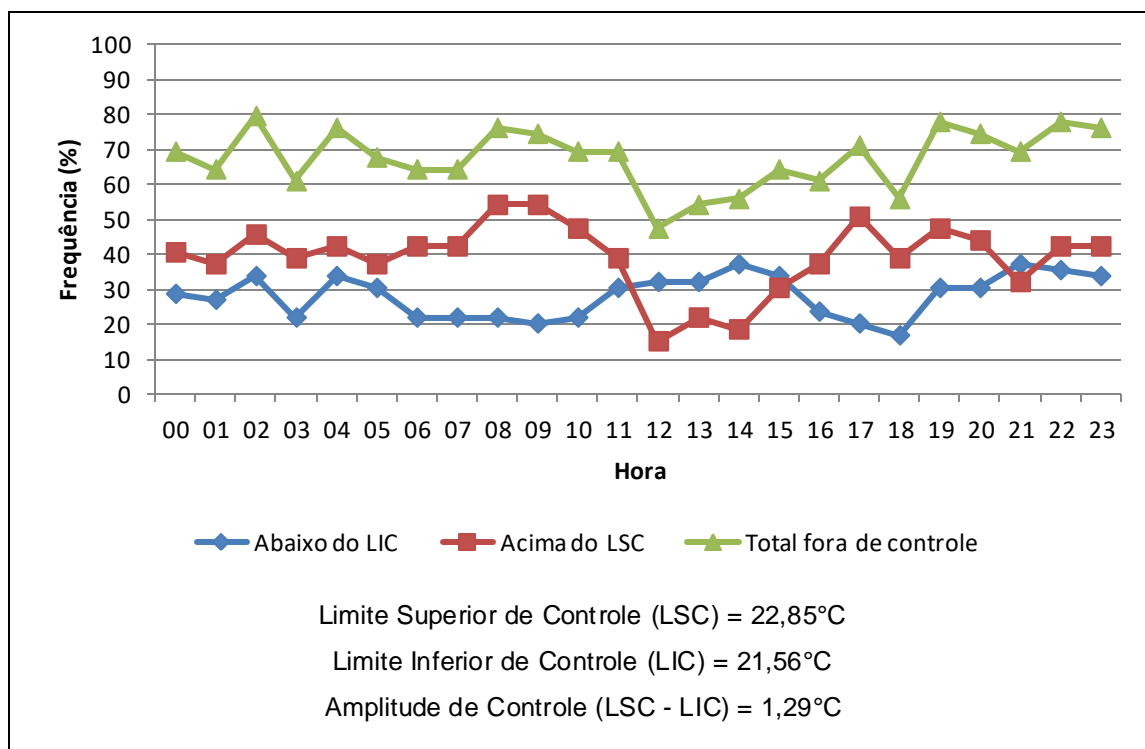


Fonte: o autor.

Nota-se que, em algumas horas da manhã e da tarde, as porcentagens dos resultados do limite superior de controle foram menores do que abaixo do limite inferior, o que pode ser devido ao maior fluxo de pessoas nesses horários, com a abertura de portas, permitindo a entrada de ar frio e a perda de calor.

Por sua vez, no período de verão, no total, mais de 45% dos resultados ficaram fora de controle, para todas as horas, de forma geral, sendo que a faixa de controle se enquadrava na categoria A ( $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) da ISO 7730 (2005), e teve uma amplitude de pouco mais de 1°C (Gráfico 24).

Gráfico 24 – Controle da temperatura operativa no camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h)



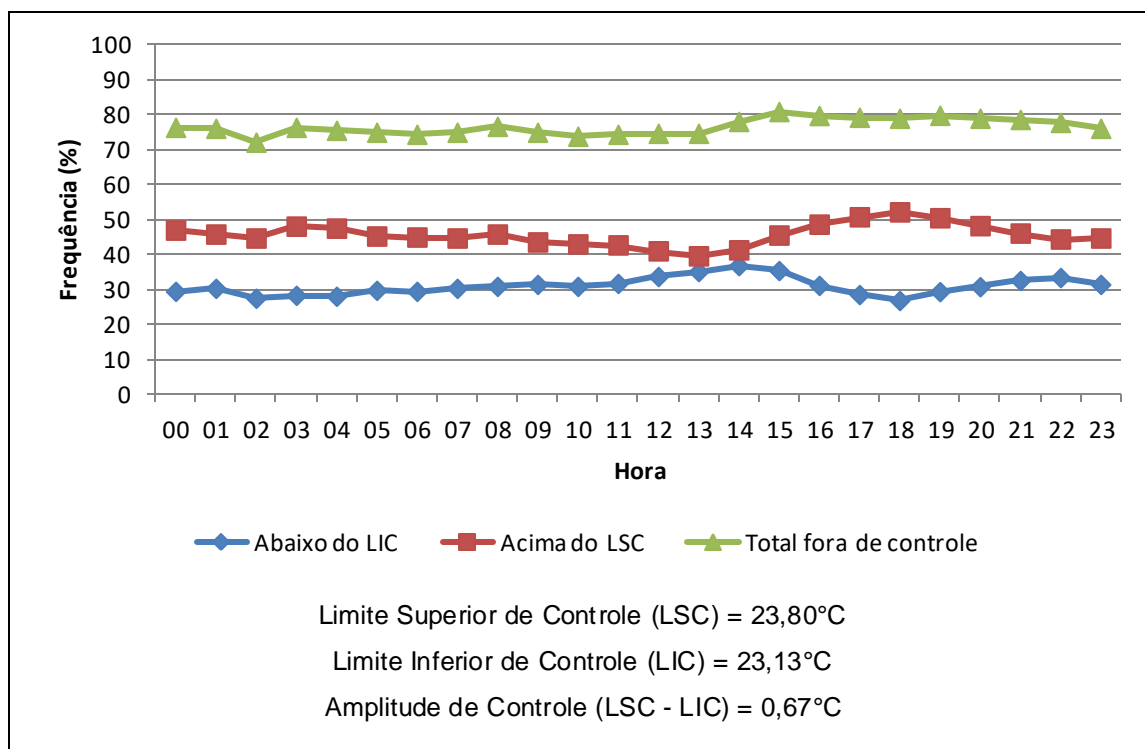
Fonte: o autor.

Nota-se que, em algumas horas da tarde, bem como às 21 horas, as porcentagens dos resultados do limite superior de controle foram menores do que abaixo do limite inferior.

### - Enfermaria

Na enfermaria, para todo o período de medições, mais de 70% dos resultados, no total, ficaram fora da faixa de controle, considerando-se todas as horas, de forma geral, sendo que a faixa de controle se enquadrrou na categoria B ( $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) da ISO 7730 (2005), e teve amplitude de pouco mais que  $0,5^{\circ}\text{C}$ , apenas (Gráfico 25).

Gráfico 25 – Controle da temperatura operativa na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h)

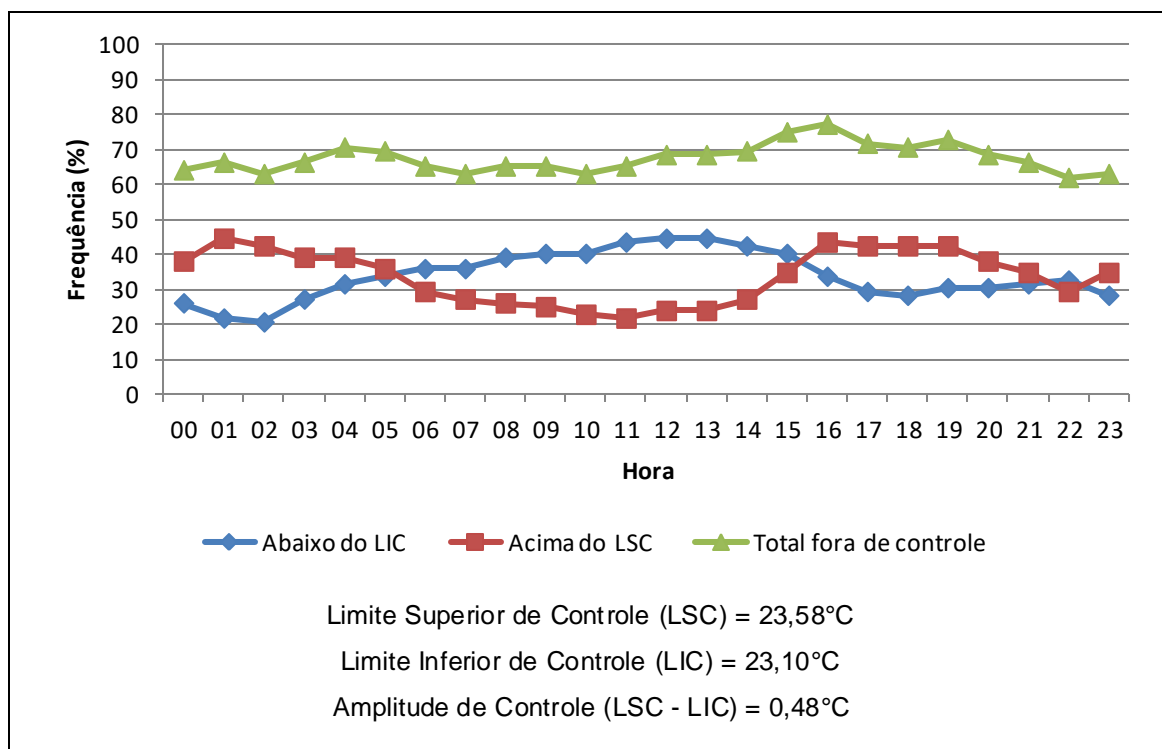


Fonte: o autor.

Nota-se que as porcentagens dos resultados de temperatura operativa acima do limite superior de controle foram maiores do que as porcentagens de resultados abaixo do limite inferior, para todas as horas, assim como no camarote C3.

No período de inverno, o coeficiente total, considerando-se todas as horas, de forma geral, foi superior a 60%, aproximadamente, sendo que a faixa de controle se enquadrou na categoria B ( $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) da ISO 7730 (2005), e teve uma amplitude de aproximadamente  $0,5^{\circ}\text{C}$ , apenas (Gráfico 26).

Gráfico 26 – Controle da temperatura operativa na enfermaria para o período de inverno  
(01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h)

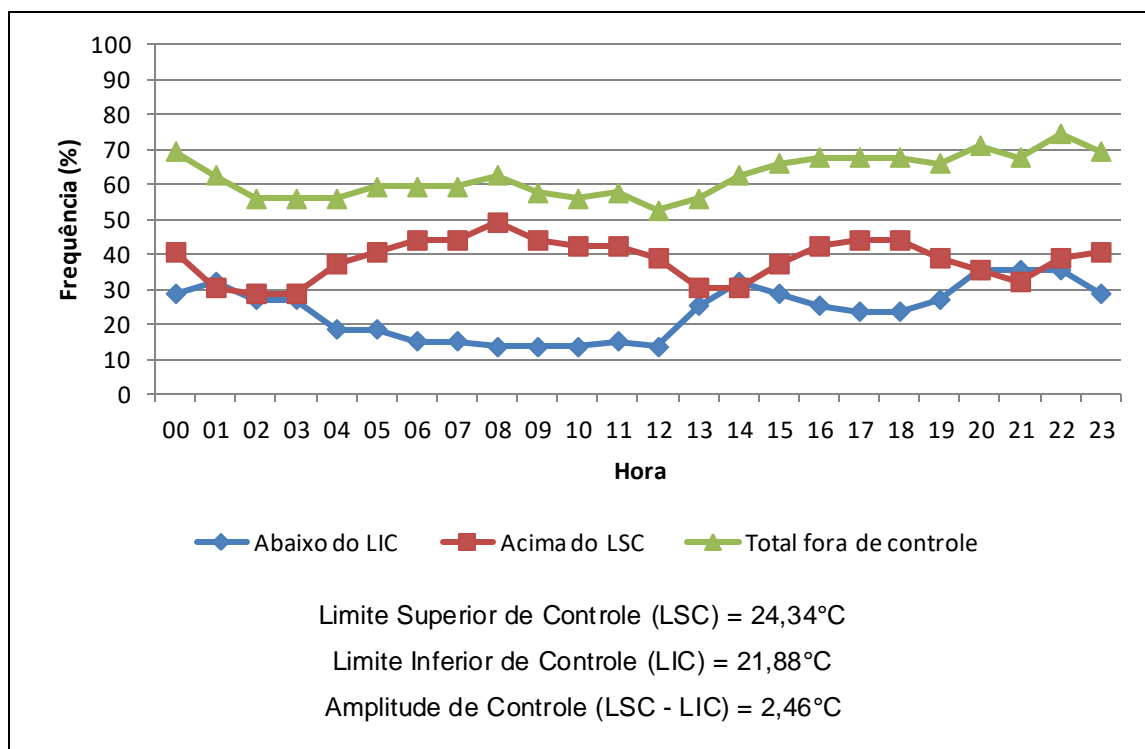


Fonte: o autor.

Nota-se que, em algumas horas da manhã e da tarde, bem como às 22 horas, as porcentagens dos resultados do limite superior de controle foram menores do que abaixo do limite inferior.

Por sua vez, no período de verão, o coeficiente total, considerando-se todas as horas, de forma geral, foi superior a 50%, sendo que a faixa de controle se enquadrou na categoria C ( $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ) e teve uma amplitude de aproximadamente  $2,5^{\circ}\text{C}$ , a maior dentre os períodos e ambientes (Gráfico 27).

Gráfico 27 – Controle da temperatura operativa na enfermaria para o período de verão  
(01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h)



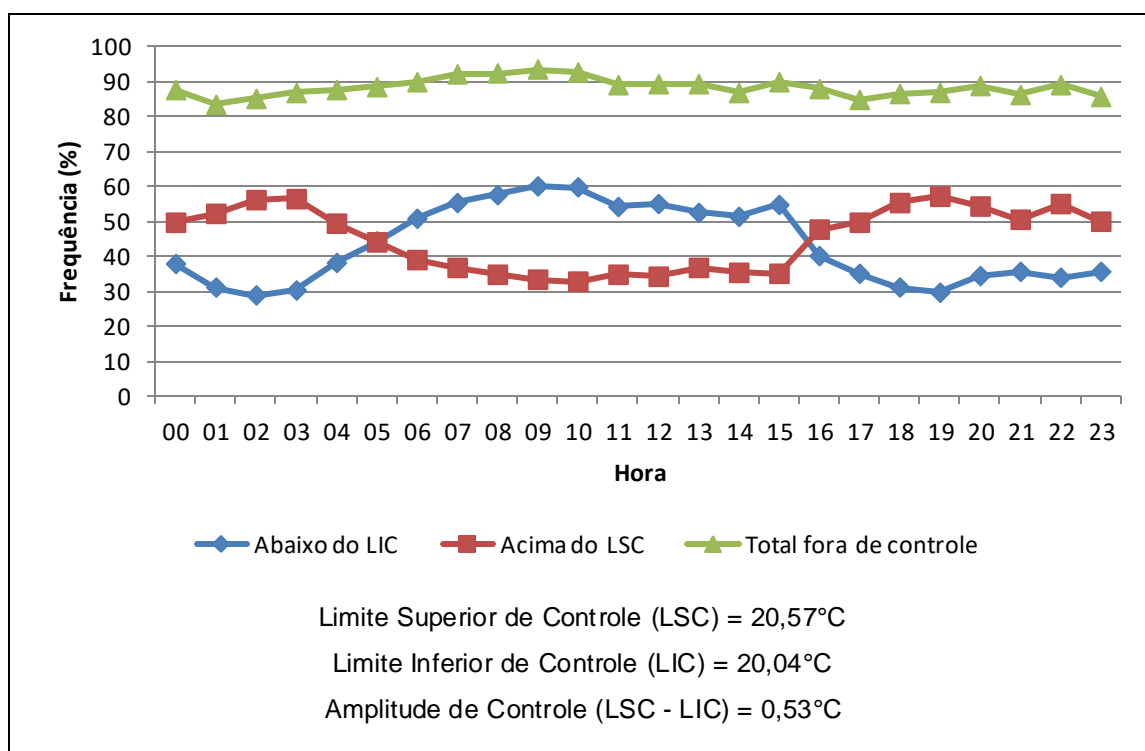
Fonte: o autor.

Nota-se que, em algumas horas espaçadas, as porcentagens dos resultados do limite superior de controle foram menores do que abaixo do limite inferior.

### - Refeitório

No refeitório, para todo o período de medições, mais de 80% dos resultados ficaram fora da faixa de controle, no total, considerando-se todas as horas, de forma geral, assim como no camarote C3, sendo que a faixa de controle se enquadrou na categoria B ( $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) da ISO 7730 (2005), assim como na enfermaria, e teve uma amplitude de aproximadamente  $0,5^{\circ}\text{C}$  (Gráfico 28).

Gráfico 28 – Controle da temperatura operativa no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h)

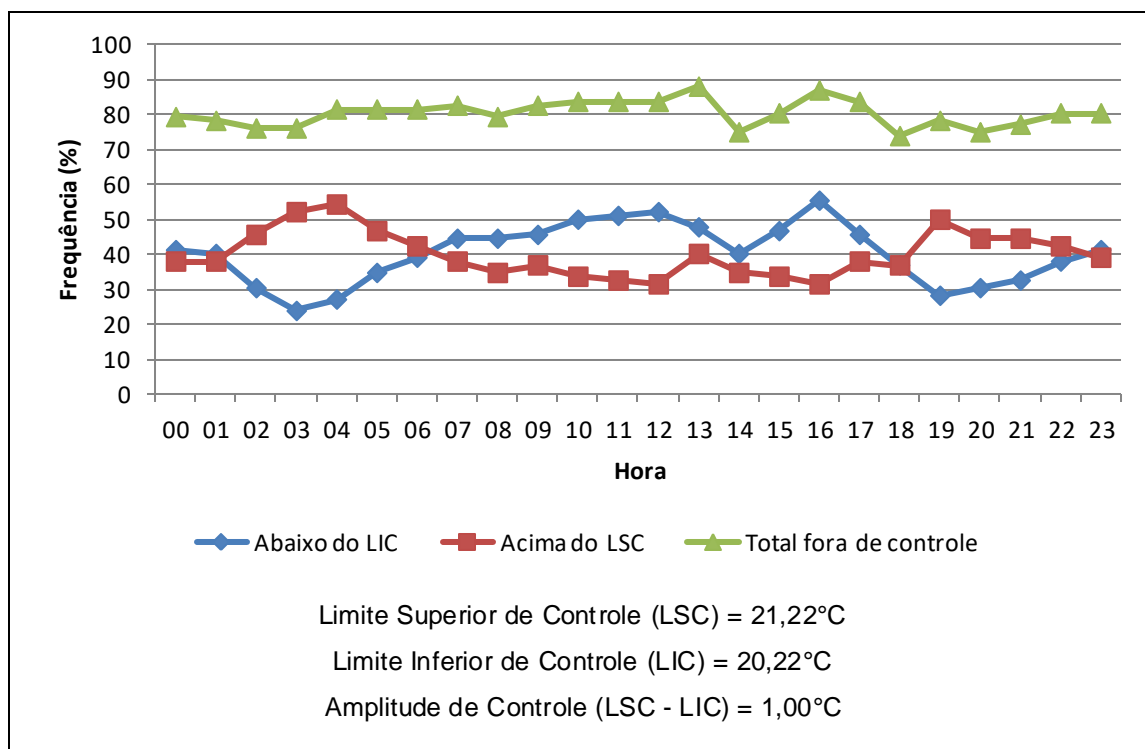


Fonte: o autor.

Ao contrário dos outros ambientes, para todo o período de medições, durante toda a parte da manhã até a metade da tarde, as porcentagens dos resultados de temperatura operativa acima do limite superior de controle foram menores do que as porcentagens de resultados abaixo do limite inferior. Pode ser que isso tenha acontecido devido à maior quantidade de usuários que utilizam esse ambiente, durante o dia, tratando-se do principal ambiente de estar dos MAE.

No período de inverno, o coeficiente total, considerando-se todas as horas, de forma geral, foi de mais de 70%, também como no camarote C3, sendo que a faixa de controle se enquadrou na categoria B ( $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) da ISO 7730 (2005), também da mesma forma que na enfermaria, e teve uma amplitude de exatamente  $1^{\circ}\text{C}$  (Gráfico 29).

Gráfico 29 – Controle da temperatura operativa no refeitório para o período de inverno  
(01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h)

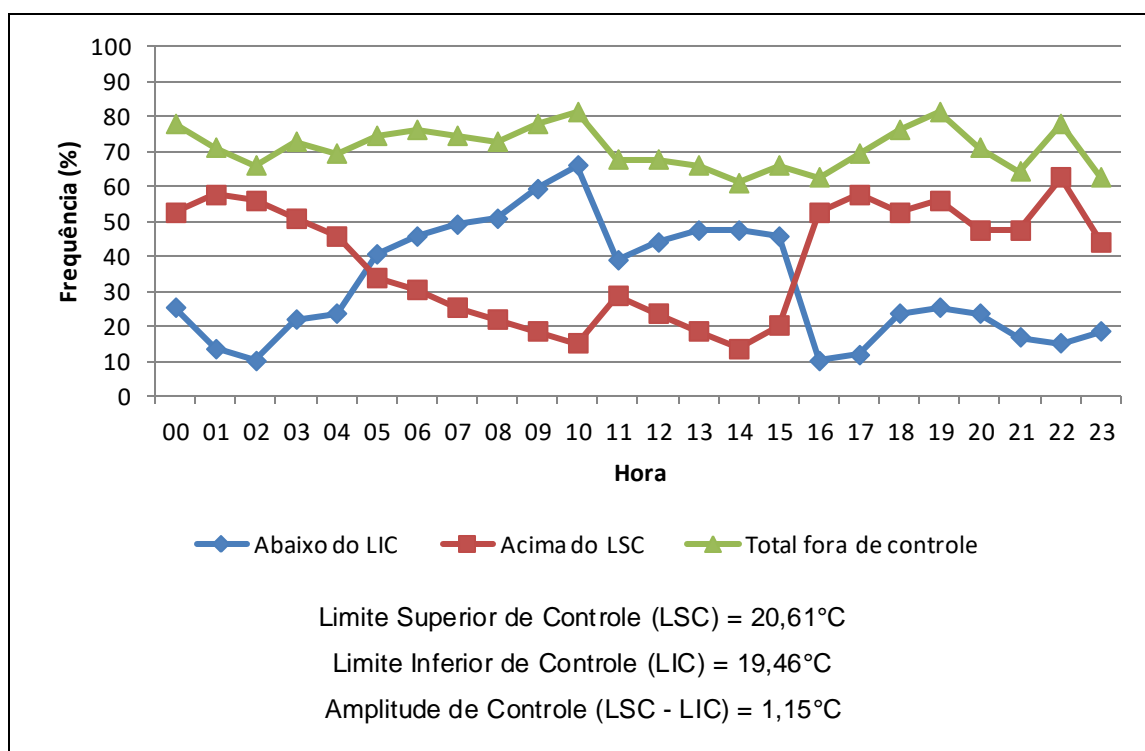


Fonte: o autor.

Nota-se que durante a manhã e a tarde, bem como das 23 horas à 1 hora, as porcentagens dos resultados do limite superior de controle foram menores do que abaixo do limite inferior.

Por sua vez, no período de verão, foram mais de 60% fora de controle, considerando-se o total para todas as horas, de forma geral, ou seja, mais que nos outros ambientes, para o mesmo período, sendo que a faixa de controle se enquadrava na categoria C ( $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ) da ISO 7730 (2005), e teve amplitude de pouco mais que  $1^{\circ}\text{C}$  (Gráfico 30).

Gráfico 30 – Controle da temperatura operativa no refeitório para o período de verão  
(01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h)



Fonte: o autor.

Da mesma forma que para todo o período de medições, ao contrário dos outros ambientes, durante toda a parte da manhã até a metade da tarde, as porcentagens dos resultados de temperatura operativa acima do limite superior de controle foram menores do que as porcentagens de resultados abaixo do limite inferior. Nota-se que, para essas horas, as diferenças entre as porcentagens acima do limite superior e abaixo do limite inferior foram acentuadas, provavelmente devido à maior quantidade de usuários, neste período.

### - Síntese

A Tabela 12 apresenta a síntese dos resultados apresentados e de sua análise geral, para todas as horas, considerando as categorias da ISO 7730:2005.



Tabela 12 – Síntese dos resultados de controle da temperatura operativa nos ambientes e de sua análise geral, para todas as horas, considerando as categorias da ISO 7730:2005

Ambiente	Período		
	Geral	Inverno	Verão
Camarote C3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais de 80% dos resultados fora de controle;</li> <li>• Faixa de controle se enquadra na categoria C, com amplitude de pouco mais de 1°C;</li> <li>• <math>(\% &gt; \text{LSC}) &gt; (\% &lt; \text{LIC})</math>, de forma geral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais de 70% dos resultados fora de controle;</li> <li>• Faixa de controle além das categorias, com amplitude de pouco mais de 2°C;</li> <li>• <math>(\% &gt; \text{LSC}) &lt; (\% &lt; \text{LIC})</math>, em algumas horas da manhã e da tarde, devido ao trânsito de usuários.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais de 45% dos resultados fora de controle;</li> <li>• Faixa de controle se enquadra na categoria A, com amplitude de pouco mais de 1°C;</li> <li>• <math>(\% &gt; \text{LSC}) &lt; (\% &lt; \text{LIC})</math>, em algumas horas da tarde e às 21h.</li> </ul>
Enfermaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais de 70% dos resultados fora de controle;</li> <li>• Faixa de controle se enquadra na categoria B, com amplitude de pouco mais de 0,5°C;</li> <li>• <math>(\% &gt; \text{LSC}) &gt; (\% &lt; \text{LIC})</math>, de forma geral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais de 60% dos resultados fora de controle;</li> <li>• Faixa de controle se enquadra na categoria B, com amplitude de aproximadamente 0,5°C;</li> <li>• <math>(\% &gt; \text{LSC}) &lt; (\% &lt; \text{LIC})</math>, em algumas horas da manhã e da tarde, bem como às 22h.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais de 50% dos resultados fora de controle;</li> <li>• Faixa de controle se enquadra na categoria C, com amplitude de aproximadamente 2,5°C;</li> <li>• <math>(\% &gt; \text{LSC}) &lt; (\% &lt; \text{LIC})</math>, em algumas horas espaçadas.</li> </ul>
Refeitório	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais de 80% dos resultados fora de controle;</li> <li>• Faixa de controle se enquadra na categoria B, com amplitude de aproximadamente 0,5°C;</li> <li>• <math>(\% &gt; \text{LSC}) &lt; (\% &lt; \text{LIC})</math>, durante toda a parte da manhã até a metade da tarde, devido à maior quantidade de usuários durante o dia, tratando-se do principal ambiente de estar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais de 70% dos resultados fora de controle;</li> <li>• Faixa de controle se enquadra na categoria B, com amplitude de exatamente 1°C;</li> <li>• <math>(\% &gt; \text{LSC}) &lt; (\% &lt; \text{LIC})</math>, durante a manhã e a tarde, bem como das 23h à 01h.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais de 60% dos resultados fora de controle;</li> <li>• Faixa de controle se enquadra na categoria C, com amplitude de pouco mais que 1°C;</li> <li>• <math>(\% &gt; \text{LSC}) &lt; (\% &lt; \text{LIC})</math>, durante toda a parte da manhã até a metade da tarde, sendo que as diferenças entre a <math>(\% &gt; \text{LSC})</math> e a <math>(\% &lt; \text{LIC})</math> foram acentuadas, devido à maior quantidade de usuários, neste período.</li> </ul>

**Nota:**

$(\% > \text{LSC})$  = porcentagem de resultados acima do limite superior de controle

$(\% < \text{LIC})$  = porcentagem de resultados abaixo do limite inferior de controle

Fonte: o autor.

De forma geral, com a observação dos resultados apresentados, fica evidente que o sistema avaliado não deve ser considerado como controlado da maneira esperada para se realizar uma análise deste tipo, ou seja, apesar de servir de complemento para a avaliação, o controle estatístico não se aplica neste caso. Ressalta-se que este sistema sofre interferências constantes, principalmente por parte dos usuários, que se movimentam de um ambiente para outro, abrindo portas e ajustando os termostatos conforme suas diferentes preferências. Com isso, reforça-se o uso das normas próprias para a avaliação de desempenho e conforto térmico em edificações, que contêm parâmetros bem definidos e adequados para se lidar com esse tipo de sistema.

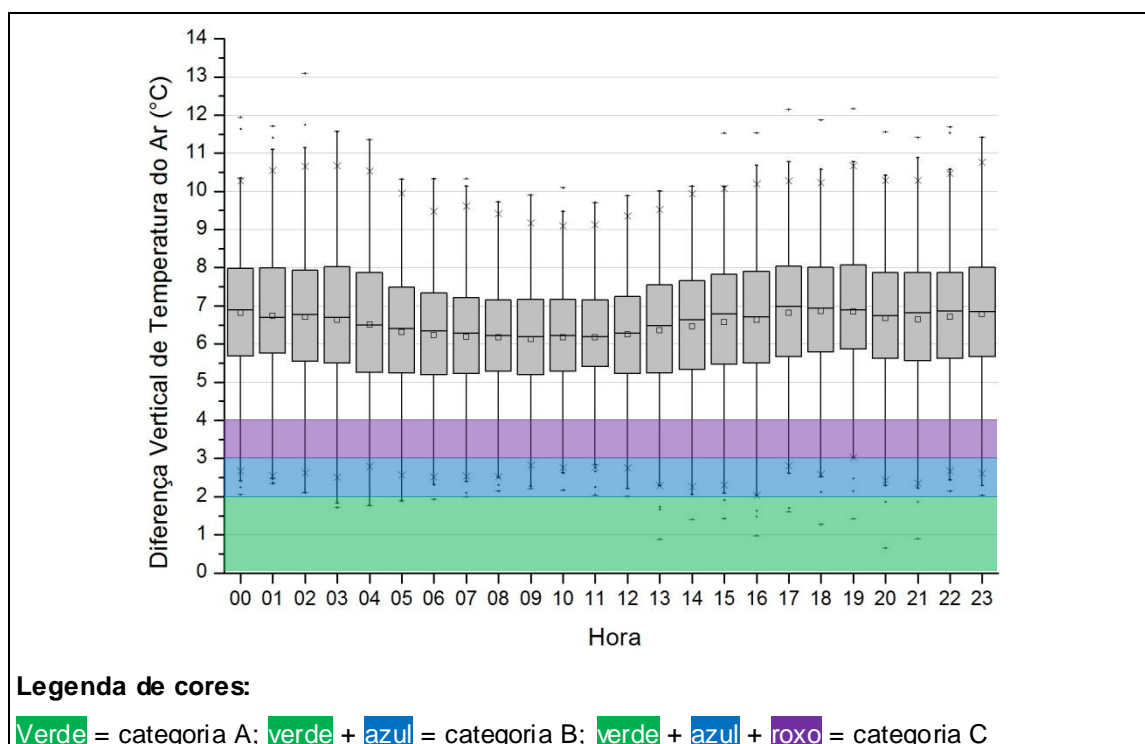
#### 4.6. DIFERENÇAS VERTICAIS DA TEMPERATURA DO AR NOS AMBIENTES

A seguir, é apresentada a análise completa das diferenças verticais da temperatura do ar em todos os quatro ambientes em que foram realizadas as medições, incluindo-se o camarote B2.

##### - Camarote B2

No camarote B2, a concentração geral dos resultados das diferenças verticais de temperatura do ar para todo o período de medições foi de aproximadamente 5°C a 8°C, com *outliers* acima de 12°C (Gráfico 31).

Gráfico 31 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote B2 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



Fonte: o autor.

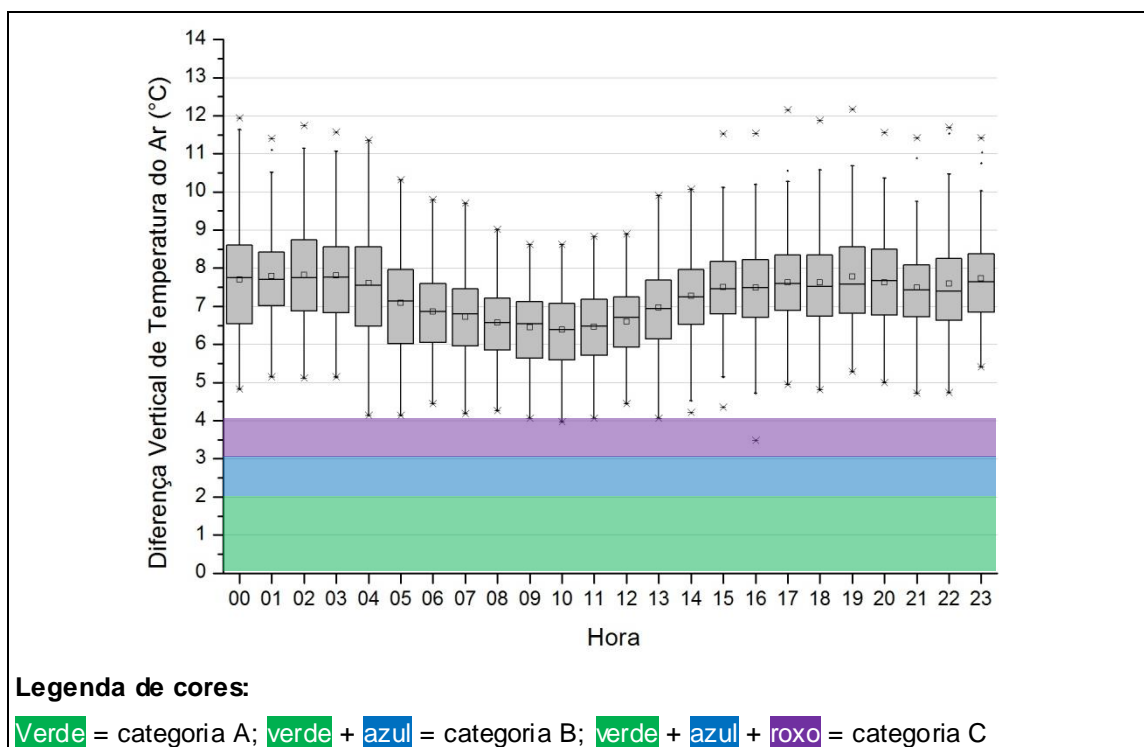
Nota-se que, de forma geral, os resultados não foram muito diferentes dos obtidos na avaliação preliminar das variáveis térmicas nos ambientes.

Percebe-se, também, que a concentração dos resultados ficou além das categorias da ISO 7730 (2005).

É possível que a perda de calor para o corredor de acesso, ao abrir da porta, dificulte sua distribuição de forma homogênea no recinto.

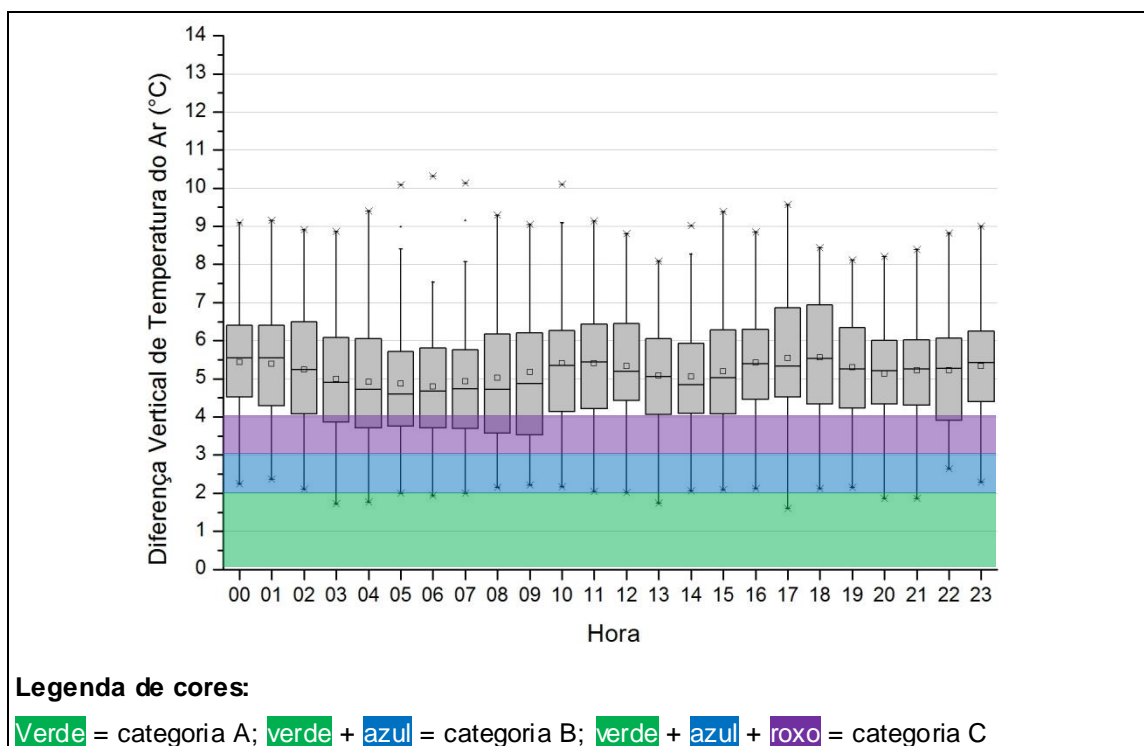
No período de inverno (Gráfico 32), a concentração variou com as horas, de aproximadamente 5,5°C até próxima de 9°C, enquanto no período de verão (Gráfico 33) a concentração foi de aproximadamente 3,5°C a 7°C, também variando com as horas.

Gráfico 32 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote B2 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



Fonte: o autor.

Gráfico 33 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote B2 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



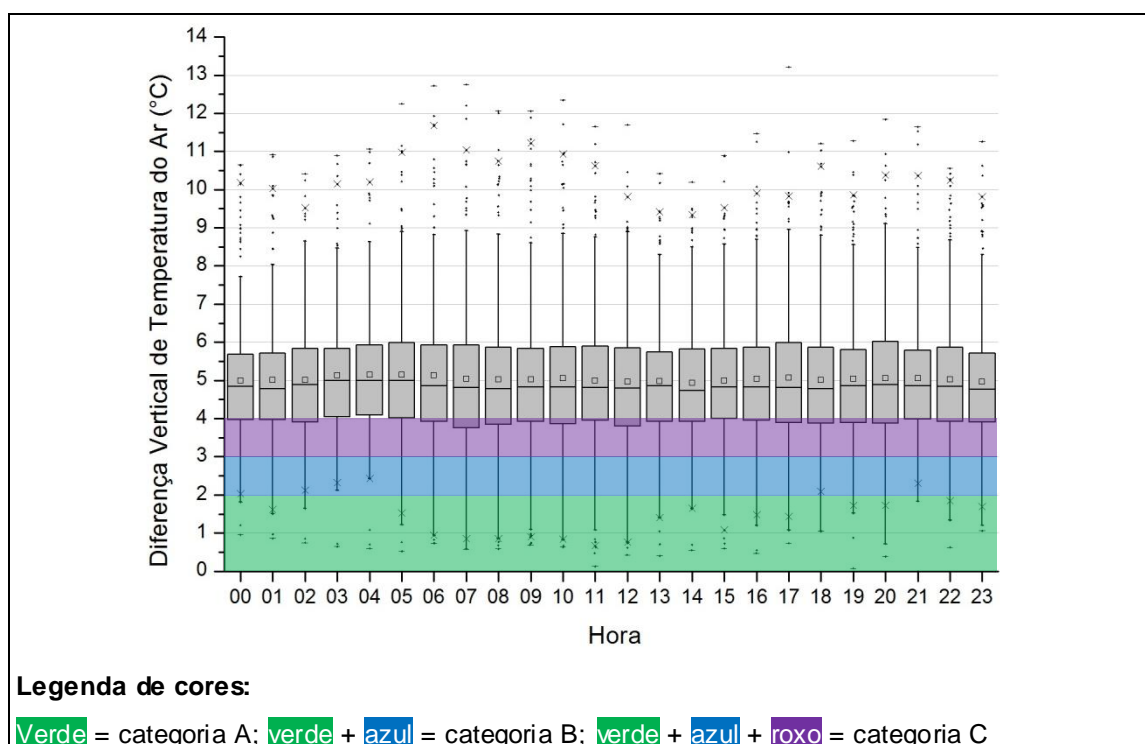
Fonte: o autor.

Dessa forma, em geral, a concentração de inverno foi superior à de verão.

### - Camarote C3

No camarote C3, a concentração geral dos resultados para todo o período de medições foi de aproximadamente 4°C a 6°C, com *outliers* acima de 12°C (Gráfico 34), assim como no camarote B2.

Gráfico 34 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



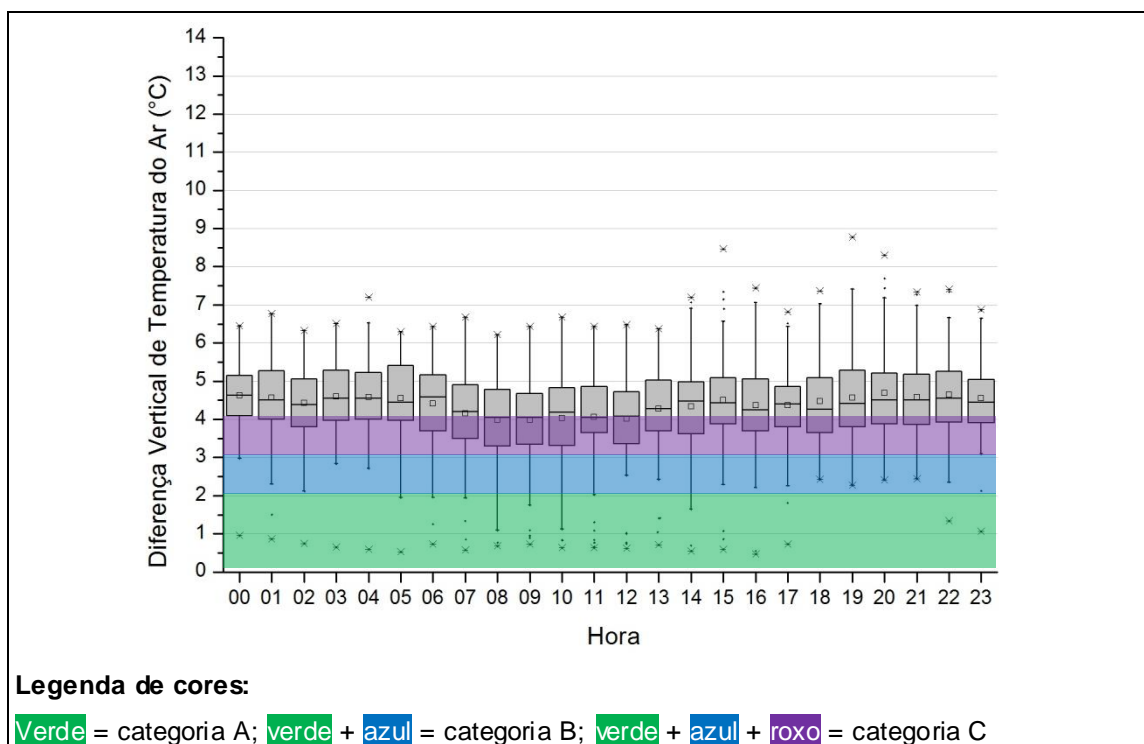
Fonte: o autor.

Nota-se que, de forma geral, os resultados não foram muito diferentes dos obtidos na avaliação preliminar das variáveis térmicas nos ambientes, assim como no camarote B2.

Percebe-se, também, que da mesma forma que no camarote B2, a concentração dos resultados ficou além das categorias da ISO 7730 (2005).

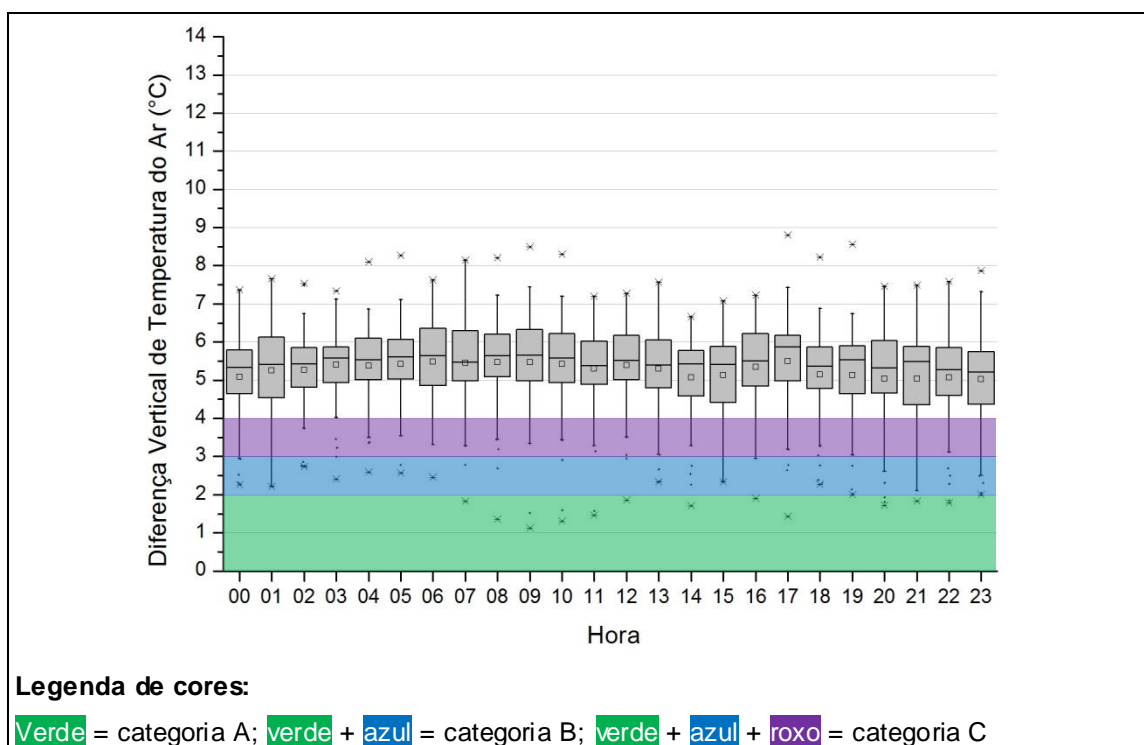
No período de inverno (Gráfico 35), a concentração variou com as horas, de aproximadamente 3,5°C a 5,5°C, enquanto no período de verão (Gráfico 36) a concentração foi de aproximadamente 4,5°C a 6,5°C, também variando com as horas.

Gráfico 35 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



Fonte: o autor.

Gráfico 36 – Diferenças verticais da temperatura do ar no camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



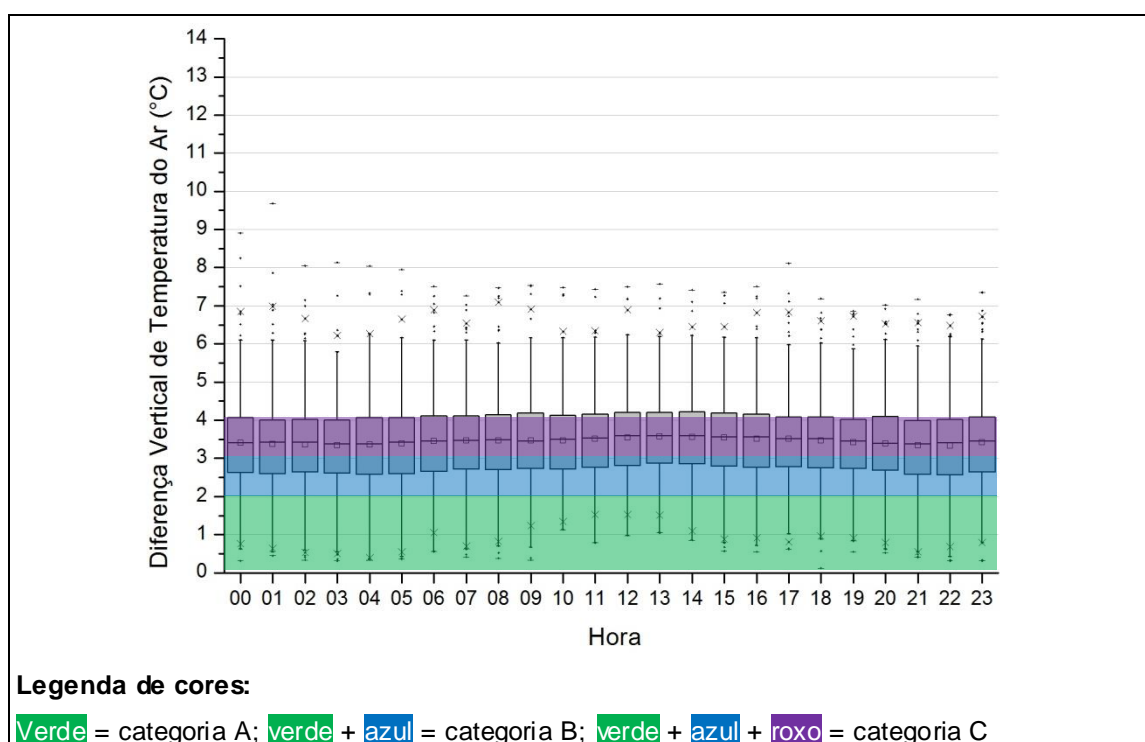
Fonte: o autor.

Dessa forma, em geral, a concentração de verão foi superior à de inverno, ao contrário do camarote B2.

### - Enfermaria

Na enfermaria, a concentração geral dos resultados para todo o período de medições foi de aproximadamente 2,5°C a 4°C, com *outliers* acima de 8°C (Gráfico 37).

Gráfico 37 – Diferenças verticais da temperatura do ar na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



Fonte: o autor.

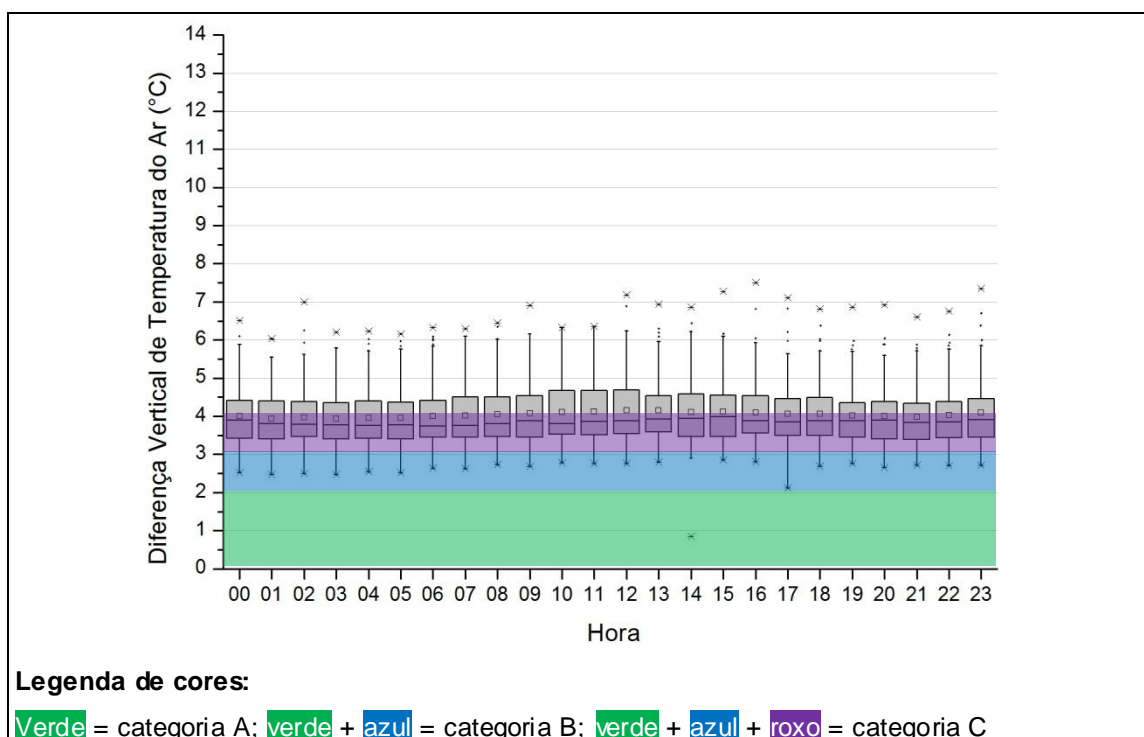
Nota-se que, de forma geral, os resultados foram bastante semelhantes aos obtidos na avaliação preliminar das variáveis térmicas nos ambientes, mais do que nos camarotes.

Percebe-se, também, que a concentração dos resultados se enquadrava na categoria C da ISO 7730 (2005).

O fato de a enfermaria ser o ambiente com menor uso pode ter contribuído para as menores diferenças verticais, uma vez que há um menor trânsito de usuários e, conseqüentemente, menos abertura de portas, permitindo que o calor se distribua de forma mais homogênea dentro do recinto.

No período de inverno, a concentração geral foi de aproximadamente 3,5°C a 4,5°C (Gráfico 38).

Gráfico 38 – Diferenças verticais da temperatura do ar na enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005

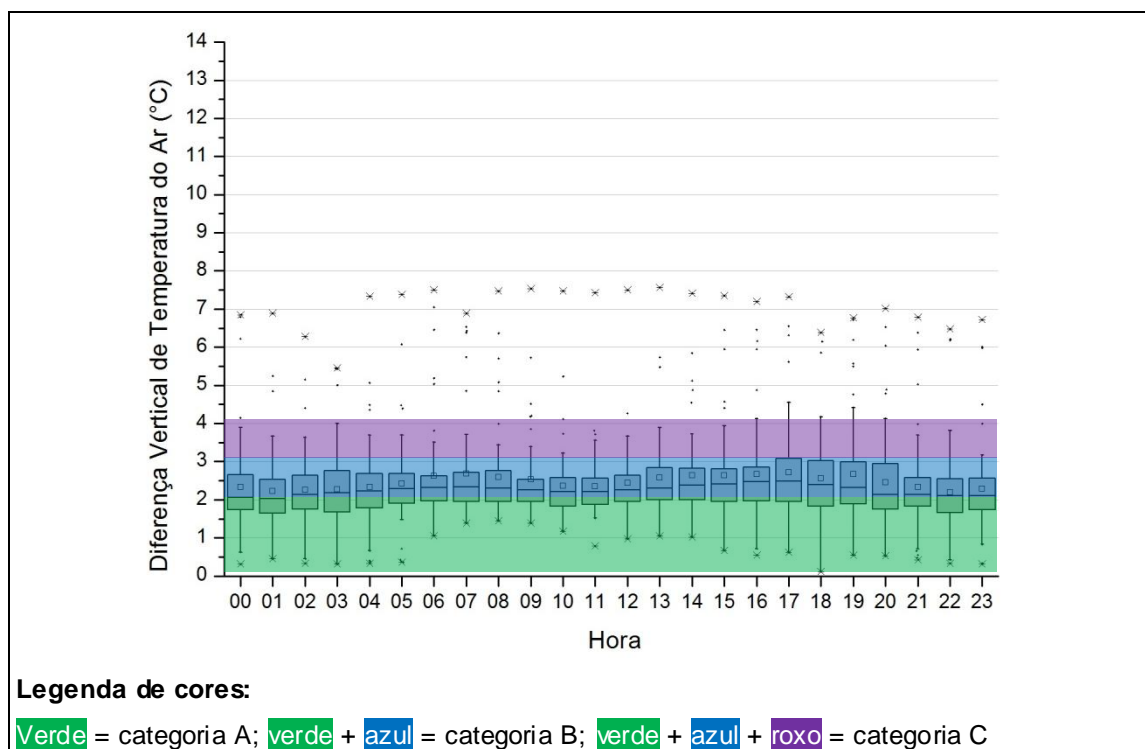


Fonte: o autor.

Por sua vez, no período de verão a concentração variou com as horas, de aproximadamente 1,5°C a 3°C (Gráfico 39).



Gráfico 39 – Diferenças verticais da temperatura do ar na enfermaria para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



Fonte: o autor.

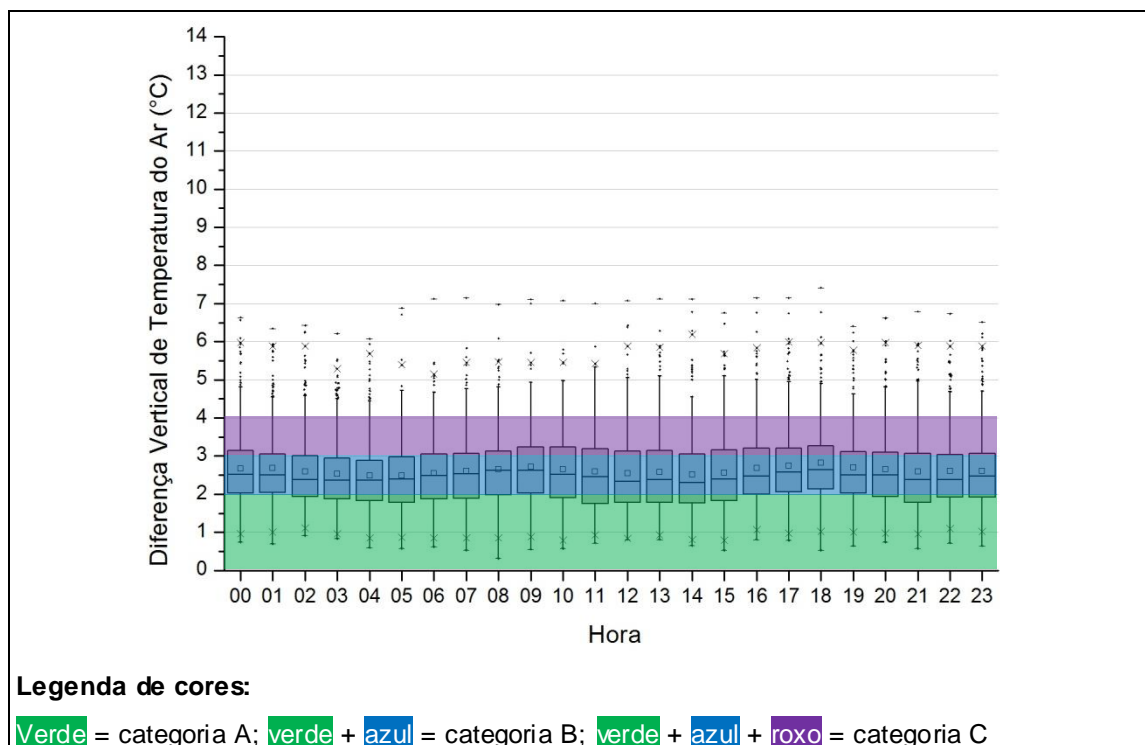
Percebe-se que, no período de inverno a concentração dos resultados foi além das categorias da ISO 7730 (2005), enquanto no período de verão ela se enquadrou na categoria B.

Dessa forma, em geral, a concentração de inverno foi maior que a de verão, assim como no camarote B2.

### - Refeitório

Por sua vez, no refeitório, a concentração geral dos resultados para todo o período de medições ficou entre 1,5°C e 3,5°C, com *outliers* acima de 7°C (Gráfico 40).

Gráfico 40 – Diferenças verticais da temperatura do ar no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



Fonte: o autor.

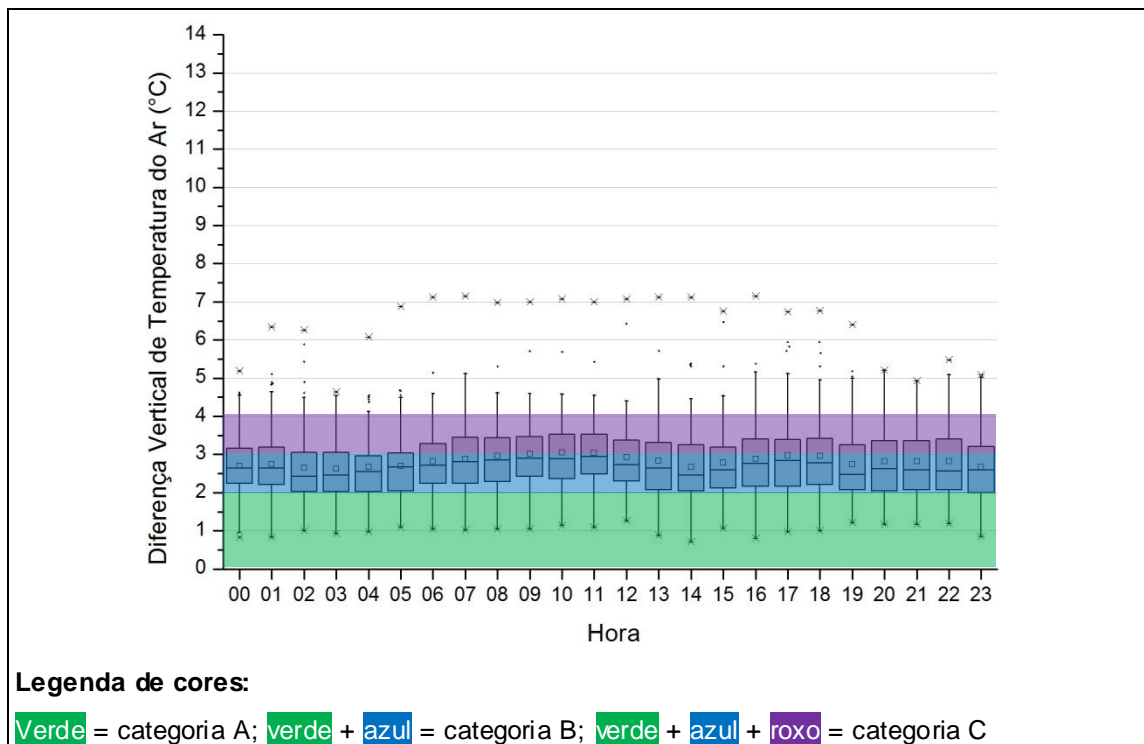
Nota-se que, de forma geral, os resultados foram bastante semelhantes aos obtidos na avaliação preliminar das variáveis térmicas nos ambientes, assim como na enfermaria e mais que nos camarotes.

Percebe-se, também, que de forma geral, a concentração dos resultados, para todo o período de medições, se enquadraram na categoria B da ISO 7730 (2005), como em nenhum outro ambiente.

O fato de o refeitório ser contíguo à cozinha pode ter contribuído para uma distribuição mais homogênea da temperatura, uma vez que o calor gerado com a atividade de cozimento pode ter compensado as diferenças.

No período de inverno, a concentração variou com as horas, de aproximadamente 2°C a 3,5°C (Gráfico 41).

Gráfico 41 – Diferenças verticais da temperatura do ar no refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005

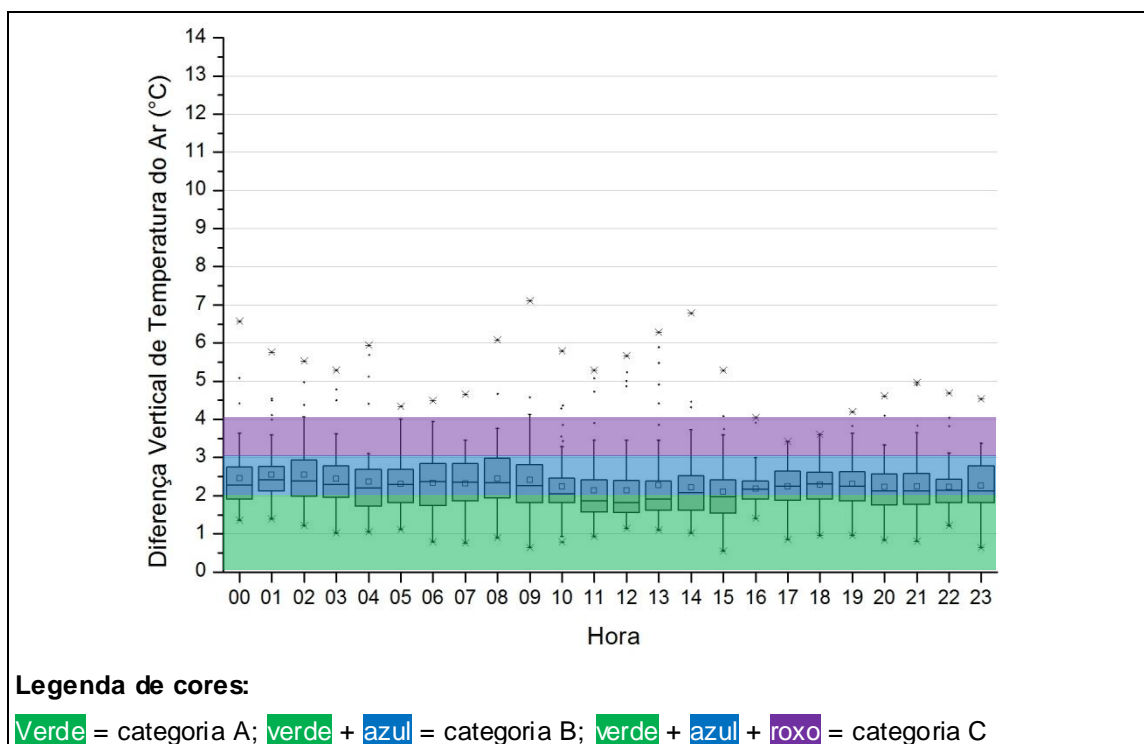


Fonte: o autor.

Percebe-se que, no período de inverno, a concentração dos resultados se enquadrou na categoria C da ISO 7730 (2005).

No período de verão, a concentração também variou com as horas, de aproximadamente 1,5°C a 3°C (Gráfico 42).

Gráfico 42 – Diferenças verticais da temperatura do ar no refeitório para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) e categorias de conforto da ISO 7730:2005



Fonte: o autor.

Percebe-se que, no período de verão, a concentração dos resultados se enquadrou na categoria B da ISO 7730 (2005), assim como para todo o período de medições.

Dessa forma, em geral, a concentração de inverno foi maior que a de verão, assim como no camarote B2 e na enfermaria.




### - Síntese

Em síntese, quanto às diferenças verticais de temperatura do ar, o camarote B2 apresentou os maiores resultados, considerando-se sua concentração geral, seguido do camarote C3, depois da enfermaria, sendo que o refeitório teve, em geral, os menores resultados, assim como na avaliação preliminar das variáveis térmicas nos ambientes, com resultados condizentes (Tabela 13).

Tabela 13 – Síntese dos resultados de diferença de temperatura do ar nos ambientes, considerando a análise de sua concentração geral e seu enquadramento nas categorias da ISO 7730:2005

Ambiente	Período		
	Geral	Inverno	Verão
Camarote B2	Concentração de resultados de aproximadamente 5°C a 8°C, <u>além dos limites das categorias</u> , com outliers acima de 12°C	Concentração de resultados de aproximadamente 5,5°C a 9°C, <u>além dos limites das categorias</u> , e variando com as horas	Concentração de resultados de aproximadamente 3,5°C a 7°C, <u>além dos limites das categorias</u> , e variando com as horas
Camarote C3	Concentração de resultados de aproximadamente 4°C a 6°C, <u>além dos limites das categorias</u> , com outliers acima de 12°C	Concentração de resultados de aproximadamente 3,5°C a 5,5°C, <u>além dos limites das categorias</u> , e variando com as horas	Concentração de resultados de aproximadamente 4,5°C a 6,5°C, <u>além dos limites das categorias</u> , e variando com as horas
Enfermaria	Concentração de resultados de aproximadamente 2,5°C a 4°C, <u>categoria C</u> , com outliers acima de 8°C	Concentração de resultados de aproximadamente 3,5°C a 4,5°C, <u>além dos limites das categorias</u>	Concentração de resultados de aproximadamente 1,5°C a 3°C, <u>categoria B</u> , variando com as horas
Refeitório	Concentração de resultados entre 1,5°C e 3,5°C, <u>categoria B</u> , com outliers acima de 7°C	Concentração de resultados de aproximadamente 2°C a 3,5°C, <u>categoria C</u> , variando com as horas	Concentração de resultados de aproximadamente 1,5°C a 3°C, <u>categoria B</u> , variando com as horas

**Legenda de cores:**

	Concentração geral se enquadra na <u>categoria A</u> da ISO 7730:2005 (sem ocorrência)
	Concentração geral se enquadra na <u>categoria B</u> da ISO 7730:2005
	Concentração geral se enquadra na <u>categoria C</u> da ISO 7730:2005

Fonte: o autor.

A concentração dos resultados na enfermaria para todo o período de medições se enquadrou na categoria C da ISO 7730 (2005) e, para o período de verão, na categoria B. No refeitório, a concentração dos resultados, para o período de verão, se enquadrou na categoria B, assim como na enfermaria e, também, para todo o período de medições, como em nenhum outro ambiente. Por sua vez, a concentração dos resultados, para o período de inverno, no refeitório, se enquadrou na categoria C. Em contrapartida, os camarotes não se enquadraram nas categorias da norma em nenhum período.

Observa-se que o maior espaçamento entre os aparelhos de medição nos camarotes pode ter resultado em uma maior diferença vertical de temperatura que nos outros ambientes. Além disso, é possível que a perda de calor dos camarotes para os corredores de acesso, ao abrir das portas, tenha dificultado sua distribuição de forma homogênea.

O menor trânsito de usuários na enfermaria e a menor abertura de portas pode ter permitido a distribuição do calor de forma mais homogênea dentro do recinto, representando menores diferenças verticais. Por sua vez, o calor gerado na cozinha com a atividade de cozimento pode ter compensado as diferenças de temperatura no refeitório.

#### 4.7. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS USUÁRIOS

A análise das respostas dos usuários, obtidas através do segundo questionário submetido aos ocupantes, específico sobre conforto térmico, é apresentada nos tópicos a seguir.

##### **- Dados antropométricos e individuais da população avaliada**

Todos os 14 respondentes são militares, do sexo masculino, com idade variando de 35 a 48 anos, de forma bem distribuída. Destaca-se que no período de inverno, a população total dos MAE é de 15 pessoas.

A altura dos respondentes varia de 1,62 m a 1,90 m, sendo que as medianas do brasileiro de sexo masculino para as faixas etárias correspondentes são de aproximadamente 1,7 m, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (acesso em 11 jan. 2016).

O peso dos respondentes varia de 67 Kg a 107 Kg, sendo que as medianas do brasileiro de sexo masculino para as mesmas faixas etárias são de 74,6 Kg (IBGE, acesso em 11 jan. 2016).

A grande maioria dos respondentes indicou o Sudeste como região de origem (10/14) e residência (9/14), sendo que os demais são do Nordeste (3/14) ou do Centro-Oeste (1/14) e residem nestas mesmas regiões (3/14 no Nordeste e 2/14 no Centro-Oeste).

Sendo assim, os respondentes vêm de regiões situadas na zona tropical, ou seja, não estão habituados ao frio. Entretanto, nove dos respondentes (9/14) disseram que já tiveram contato com o frio intenso em outros lugares.

#### **- Informações referentes ao preenchimento do questionário**

O questionário foi respondido por 13 dos 14 respondentes em meados de julho de 2015, do dia 13 ao dia 18, entre 10 e 17 horas, sendo que o último deles respondeu no dia 04 de agosto de 2015, aproximadamente às 14 horas. Dessa forma, considerando-se os resultados obtidos com a aplicação do método proposto por Akutsu e Vittorino (1991) para definição dos meses mais quentes e mais frios, o questionário foi respondido durante o período de inverno do ano.

Oito dos respondentes (8/14) preencheram o questionário no refeitório, cinco (5/14) preencheram na enfermaria e um (1/14) no camarote B2, sendo que cada respondente escolheu um ambiente, dentre as opções dadas, que incluíam aqueles em que foram realizadas medições. Dessa forma, mais da metade dos usuários responderam o questionário no refeitório, que é um ambiente de uso comum de todos, provavelmente por ser um ambiente considerado adequado para a tarefa. Observa-se que, para uma população tão pequena, poderia ter sido determinado um único ambiente para o preenchimento do questionário pelos usuários, mas considerando-se a avaliação da edificação como um todo, optou-se por permitir apenas a escolha do local entre os ambientes indicados.

Antes de preencher o questionário, metade dos respondentes estava trabalhando nos MAE (7/14), provavelmente a maioria em atividade sedentária, quatro (4/14) tinham acabado de fazer alguma refeição, dois (2/14) estavam assistindo à TV e um (1/14) estava dormindo.

### **- Vestimentas utilizadas nos MAE**

Ao preencher o questionário, aproximadamente metade (8/14) dos respondentes utilizava camiseta normal (0,09 clo, conforme a ISO 7730, 2005), enquanto os demais (6/14) utilizavam camisa de manga curta de tecido fino (0,15 clo). Apenas um (1/14) respondente utilizava jaqueta de tecido fino (0,25 clo), enquanto outro (1/14) utilizava blusa de moletom (0,35 clo). Cinco respondentes (5/14) utilizavam bermuda (0,06 clo), enquanto outros cinco (5/14) utilizavam calça de tecido fino (0,2 clo), sendo que apenas três (3/14) utilizavam calça de tecido grosso (0,28 clo). Da mesma forma, apenas um (1/14) utilizava meia alta grossa (0,1 clo), enquanto dois (2/14) utilizavam meia alta fina (0,02 clo), outros dois (2/14) utilizavam meia baixa grossa (0,05 clo) e um (1/14) utilizava meia baixa fina (0,02 clo). A maioria (12/14) dos respondentes utilizava chinelo, sandália ou outro calçado aberto (0,02 clo).

Dessa forma, os usuários obtiveram média de 0,38 clo de isolamento de vestimenta, mediana de 0,4 clo, com mínimo de 0,2 clo e máximo de 0,8 clo, e concentração entre aproximadamente 0,2 clo e 0,45 clo.

Sendo assim, pode-se inferir que, em geral, os usuários utilizam vestimentas similares às utilizadas nas regiões de origem e de residência, no Brasil, de clima tropical. Aparentemente, blusas, jaquetas e outras peças que garantem um maior isolamento não são muito apreciadas por eles.

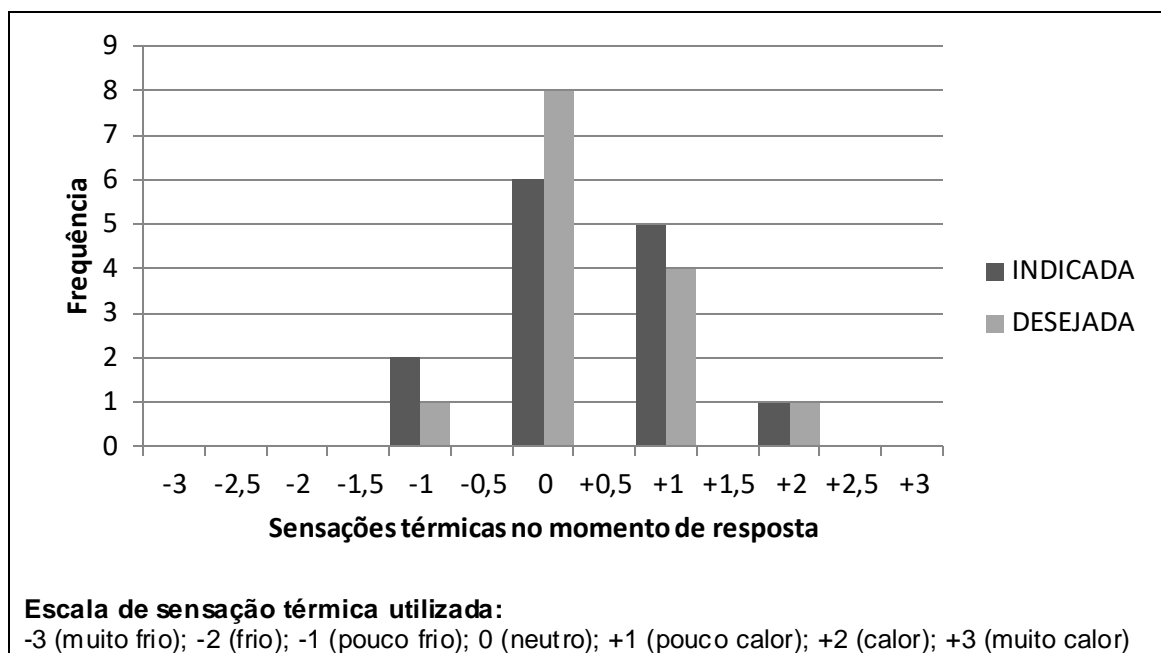
Apenas uma (1/14) pessoa declarou que não recebeu orientação sobre o tipo de vestimenta que deve ser usada no interior dos MAE, sendo que, a princípio, esperava-se que todos tivessem recebido algum tipo de orientação, durante o Treinamento Pré-Antártico, que é obrigatório aos participantes das operações antárticas. Nesse sentido, recomenda-se que seja dada atenção a esse aspecto, visto que uma vestimenta adequada pode interferir no controle da temperatura interna e, conseqüentemente, no consumo de energia.



### - Sensações térmicas e percepções dos respondentes

No momento em que preenchiam os questionários, as sensações térmicas indicadas e desejadas pelos usuários, conforme suas respostas, foram as apresentadas no Gráfico 43.

Gráfico 43 – Sensações térmicas dos respondentes no momento de resposta do questionário de conforto térmico nos MAE



Fonte: o autor.

Percebe-se que as sensações térmicas indicadas para o momento de resposta variaram de “pouco frio” (-1) a “calor” (+2), com distribuição formando uma curva normal quase simétrica (desconsiderando-se as casas com meia unidade), sendo que a maior parte dos votos foi para “neutralidade térmica” (0) e “pouco calor” (+1).

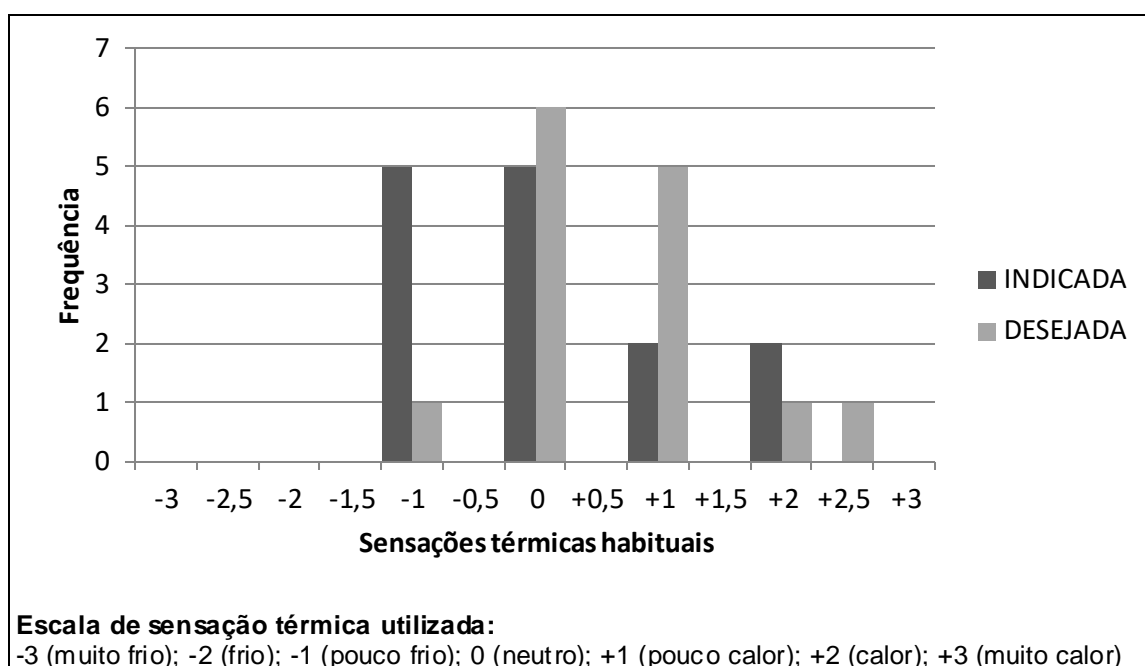
Quanto às sensações desejadas, mais da metade dos votos foi para “neutralidade térmica” (0), notando-se uma tendência a essa centralização. Mas ainda houve pouca alteração com relação às indicadas, o que pode indicar que, de forma geral, no momento de resposta, as condições de conforto estavam satisfatórias.

Entretanto, analisando as respostas individualmente, observou-se que menos da metade tiveram o mesmo valor para sensação indicada e desejada, o que sugere uma insatisfação da maioria dos respondentes. Além disso, seis (6/14) votos de preferência térmica (sensação desejada) foram para valores

diferentes de zero (neutralidade térmica). Isso confirma que as sensações e preferências variam de uma pessoa para outra e que não é possível chegar a um consenso geral.

Por sua vez, as sensações térmicas habituais (que podem ser diferentes daquelas do momento de resposta), indicadas e desejadas, são apresentadas no Gráfico 44.

Gráfico 44 – Sensações térmicas habituais para os respondentes do questionário de conforto térmico nos MAE



Fonte: o autor.

Percebe-se que as sensações térmicas habituais indicadas também variaram de “pouco frio” (-1) a “quente” (+2), assim como aquelas no momento de resposta, como apresentado anteriormente. Entretanto, para sensações habituais, os votos se concentraram em “pouco frio” (-1) e “neutralidade térmica” (0), com a mesma frequência. Quanto às sensações habituais desejadas, houve uma tendência a uma passagem de valores mais baixos para valores mais altos, com uma maior concentração em “neutralidade térmica” (0) e “pouco calor” (+1), chegando a haver um voto de +2,5. Isso pode representar uma demanda por um aumento da temperatura ou por uma melhor preservação do calor no ambiente interno, de forma coerente com as discussões sobre os resultados obtidos através das medições.

Uma observação pontual é que um dos respondentes, que estava na enfermaria no momento em que respondeu ao questionário, estava sentindo calor (+2) e desejou a mesma sensação para o momento, também indicando a mesma sensação como sendo habitual e desejada como de costume. Outro usuário, que também estava na enfermaria ao preencher o questionário, indicou a sensação de +2,5 como a desejada habitualmente. Dessa forma, pode-se inferir que, provavelmente, estas pessoas têm, de fato, preferência por calor, o que pode ser potencializado no meio antártico, devido ao fator psicológico.

A fim de se verificar a satisfação dos usuários com as sensações indicadas, tanto para o momento de resposta quanto habitualmente, foram observadas as diferenças com relação às sensações desejadas para estes dois casos, verificando-se a correspondência entre os votos obtidos para as primeiras e para as segundas (tabelas 14 e 15).

Tabela 14 – Correspondência entre os votos para sensação indicada e desejada no momento de resposta do questionário de conforto térmico nos MAE

	DESEJADA													Total
	-3,0	-2,5	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0,0	+0,5	+1,0	+1,5	+2,0	+2,5	+3,0	
-3,0														0
-2,5														0
-2,0														0
-1,5														0
-1,0							1		1					2
-0,5														0
0,0							4		2					6
+0,5														0
+1,0					1		3		1					5
+1,5														0
+2,0											1			1
+2,5														0
+3,0														0
Total	0	0	0	0	1	0	8	0	4	0	1	0	0	6

Fonte: o autor.

Tabela 15 – Correspondência entre os votos para sensação indicada e desejada habitualmente nos MAE

		DESEJADA														
		-3,0	-2,5	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0,0	+0,5	+1,0	+1,5	+2,0	+2,5	+3,0	Total	
INDICADA	-3,0														0	
	-2,5														0	
	-2,0														0	
	-1,5														0	
	-1,0							1		4					5	
	-0,5														0	
	0,0							4		1					5	
	+0,5														0	
	+1,0							1						1	2	
	+1,5														0	
	+2,0					1						1			2	
	+2,5														0	
	+3,0														0	
Total		0	0	0	0	1	0	6	0	5	0	1	1	0	5	

Fonte: o autor.

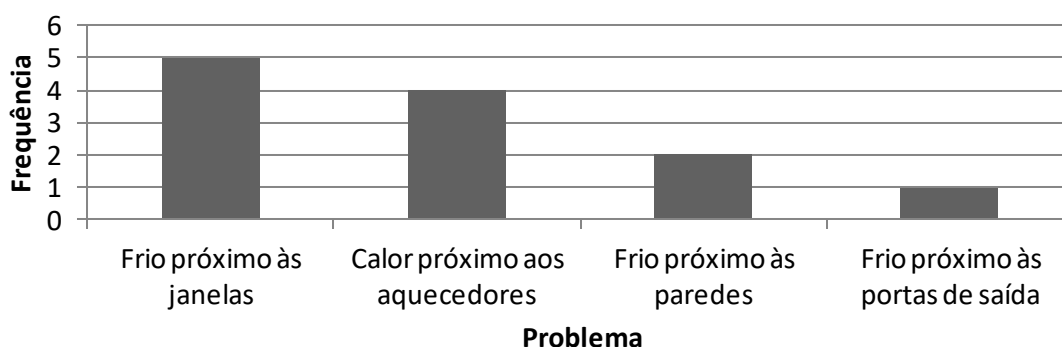
Percebe-se que, conforme seus votos e a correspondência entre eles, mais da metade dos respondentes estariam relativamente insatisfeitos com a sensação indicada, tanto no momento de resposta quanto habitualmente, o que poderia indicar a necessidade de ajustes para uma maior satisfação com o ambiente térmico. Entretanto, ao se tratar da temperatura desejada, é preciso considerar que os respondentes, sendo brasileiros acostumados ao clima tropical, podem se sentir desejosos de mais calor ao passar o inverno na Antártica, tendo como referência seu lugar de origem.

Quanto ao desconforto local, isto é, em partes do corpo, cinco (5/14) pessoas relataram sentir frio nos pés, tanto no momento em que respondiam ao questionário como habitualmente, no interior dos MAE. Uma (1/14) pessoa relatou apenas desconforto térmico nos pés, tanto enquanto respondia ao questionário, como também habitualmente, mas sem indicar se frio ou calor. Pressupõe-se que, assim como as outras, a mesma também deve sentir frio nos pés, totalizando-se seis (6/14) pessoas com essa sensação. Mais uma (1/14) outra pessoa relatou sentir desconforto nos pés, habitualmente, também sem indicar se frio ou calor. Acredita-se que, assim como as outras, esta também costuma sentir frio nos pés. Em resumo, aproximadamente metade dos respondentes relatou sentir desconforto térmico nos pés, em particular, frio. Quanto a essa questão, é preciso considerar que as pessoas são orientadas a

não andarem de calçado fechado para uso externo no interior dos MAE e que, provavelmente, a maioria não possui calçados fechados apropriados para uso interno, porque no Brasil eles são pouco utilizados.

Sete (7/14) pessoas relataram que suas sensações térmicas variam dentro dos ambientes em que se situavam ao preencher o questionário, conforme apresenta o Gráfico 45. Deve-se observar que uma mesma pessoa pode ter relatado mais de um tipo de problema.

Gráfico 45 – Problemas apontados pelos respondentes e relacionados à variação da sensação térmica dentro dos cômodos em que o questionário foi respondido



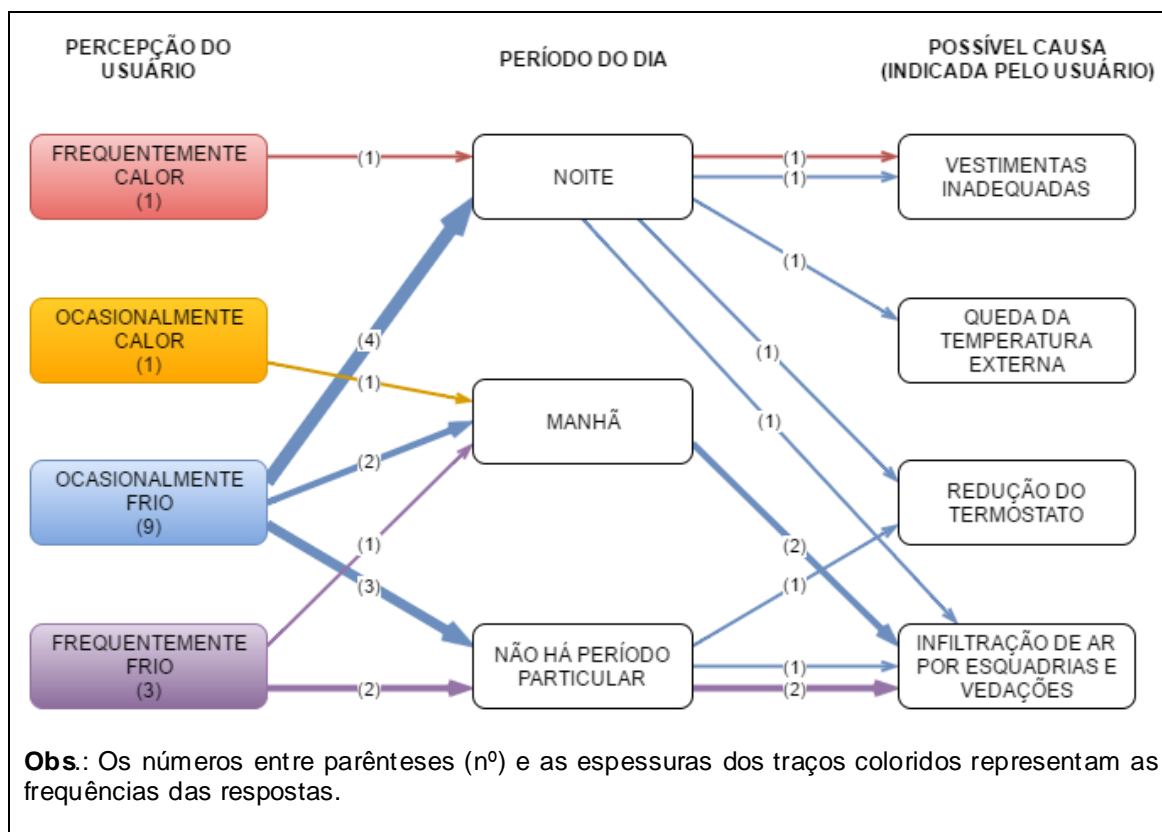
Fonte: o autor.

Percebe-se que os problemas mais recorrentes com relação à variação da sensação térmica dentro dos cômodos são “frio próximo às janelas”, provavelmente devido a falhas na vedação, com perda de calor e infiltração de ar frio, ou à transmissão de calor pelos materiais utilizados nas esquadrias, e “calor próximo aos aquecedores”, devido ao seu posicionamento. Observa-se, novamente, que a questão da transmissão de calor pelos materiais utilizados nos MAE é passível de uma investigação mais aprofundada em um trabalho futuro, com a realização de medições em superfícies, que sejam específicas para esse fim.

Três (3/14) pessoas relataram sentir desconforto por choque térmico ao entrar ou sair dos MAE, o que pode acontecer, provavelmente, ao se utilizar o acesso direto pelo corredor central, que interliga os cômodos e que já é aquecido como os demais ambientes. Na antiga estação, o acesso se dava por uma antessala e, em seguida, a pessoa poderia passar pela sala de secagem, para somente depois chegar aos ambientes principais.

A Figura 17 apresenta as percepções dos usuários quanto à ocorrência de calor e frio nos MAE, nos períodos do dia, e suas possíveis causas, conforme suas respostas.

Figura 17 – Percepções dos usuários quanto à ocorrência de calor e frio nos MAE, nos períodos do dia, e suas possíveis causas



Fonte: o autor.

Nota-se que a percepção com maior frequência de respostas foi “ocasionalmente frio”, com nove (9/14) votos, sendo que, conforme as respostas dos usuários, sua maior ocorrência é à noite, com quatro dos nove votos (4/9), e suas possíveis causas são as mais diversas (vestimentas inadequadas, redução do termostato, infiltração de ar por esquadrias e vedações, e queda da temperatura externa). A percepção de “frequentemente frio” ainda vem a somar três (3/14) votos para a ocorrência de frio, totalizando 12 votos de 14 (12/14), sendo que apenas dois (2/14) indicam calor (frequentemente e ocasionalmente). Observa-se que, apesar da indicação de queda da temperatura externa como possível causa de frio, por um (1/14) dos usuários, na avaliação técnica foi constatado que não houve correlação da temperatura externa com a interna, como já foi apresentado.

Percebe-se, também, que se somando as ocorrências das percepções de frio, a maioria é para “não há período particular”, considerando-se o total de cinco (5/14) votos. Além disso, a possível causa mais apontada foi “infiltração de ar por esquadrias e vedações”, com total de seis (6/11) indicações.

Em resumo, entende-se que a ocorrência de frio no decorrer no dia é bem mais frequente que a de calor, devendo ser dada especial atenção à parte da manhã e da noite, sendo que as possíveis causas são diversas, com destaque para a infiltração de ar por esquadrias e vedações.

A Tabela 16 apresenta os ambientes considerados mais termicamente confortáveis pelos usuários e suas justificativas.

Tabela 16 – Ambientes considerados mais termicamente confortáveis pelos usuários e suas justificativas

<b>Ambientes <u>mais</u> confortáveis</b>	<b>Frequência</b>	<b>Justificativas</b>
Camarote	06	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior facilidade de acordo entre ocupantes no mesmo cômodo para ajuste da temperatura no termostato;</li> <li>• Nesses cômodos, é mantida uma maior temperatura;</li> <li>• Nesses cômodos, é mantida uma temperatura adequada.</li> </ul>
Banheiros	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por serem ambientes menores que os demais, conseguem manter a temperatura estável;</li> <li>• Ambientes mais aquecidos;</li> <li>• Menos pessoas mexem no termostato.</li> </ul>
Corredor	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquecedor ajustado a uma maior temperatura;</li> <li>• Nesse recinto, a temperatura é confortável, sendo mantida entre 24°C e 25°C.</li> </ul>
Refeitório	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente de uso comum [?];</li> <li>• Ajuste dos aquecedores [?].</li> </ul>
Todos os MAE	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura adequada.</li> </ul>

**Obs.:** Os itens de resposta com um ponto de interrogação [?] não foram bem compreendidos para a análise.

Fonte: o autor.

Percebe-se que os ambientes considerados mais confortáveis por um maior número de usuários foram os camarotes, com quase metade dos votos (6/14), mesmo que na avaliação técnica estes ambientes tenham apresentado uma maior variabilidade dos resultados das medições e mais frio. De maneira geral, percebe-se também que os usuários consideram como mais confortáveis aqueles ambientes em que a temperatura é mais estável, dentro de uma faixa de conforto, ou em que haja maior facilidade de acordo para seu ajuste.

Uma observação pontual é que um dos respondentes, ao falar da maior facilidade para se entrar em acordo no camarote compartilhado por apenas duas pessoas, afirmou que a sensação de conforto desejada por estas seria de -2,0 (frio). Considerando-se que, para sensação térmica desejada, tanto para o momento de resposta quanto habitualmente, este respondente indicou -1,0 (pouco frio), acredita-se que este usuário goste de sentir mais frio que calor. Talvez, isso aconteça devido, particularmente, ao fato de sua massa corpórea estar acima da média do grupo. Nota-se que, em outra observação pontual anterior, foi apontado que, em contrapartida, alguns usuários dos MAE têm preferência por calor. Dessa forma, mais uma vez, são evidenciadas as diferentes preferências térmicas entre as pessoas.

Por sua vez, a Tabela 17 apresenta os ambientes considerados menos termicamente confortáveis pelos usuários e suas justificativas.

Tabela 17 – Ambientes considerados menos termicamente confortáveis pelos usuários e suas justificativas

<b>Ambientes <u>menos</u> confortáveis</b>	<b>Frequência</b>	<b>Justificativas</b>
Banheiros	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O termostato é mantido no máximo e, por isso, sente-se calor nestes ambientes.</li> </ul>
Camarotes	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferenças individuais / dificuldade de consenso para ajuste da temperatura;</li> <li>• Deixa-se a temperatura baixa no termostato e, depois, faz frio.</li> </ul>
Corredor	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circulação do ar [causa desconforto local ou dissipação do calor que deveria ser mantido?];</li> <li>• Aquecedores costumam ser desligados.</li> </ul>
Secagem	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste [?];</li> <li>• Sente-se frio neste ambiente.</li> </ul>
SECOM	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste à temperatura “mediana” [do termostato] causa sensação de frio.</li> </ul>
Qualquer [?] / nenhum	02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura adequada.</li> </ul>
Enfermaria	01	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sente-se calor neste ambiente.</li> </ul>
Refeitório	01	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infiltração de ar frio pelas janelas.</li> </ul>
<b>Obs.:</b> Os itens de resposta com um ponto de interrogação [?] não foram bem compreendidos para a análise.		

Fonte: o autor.

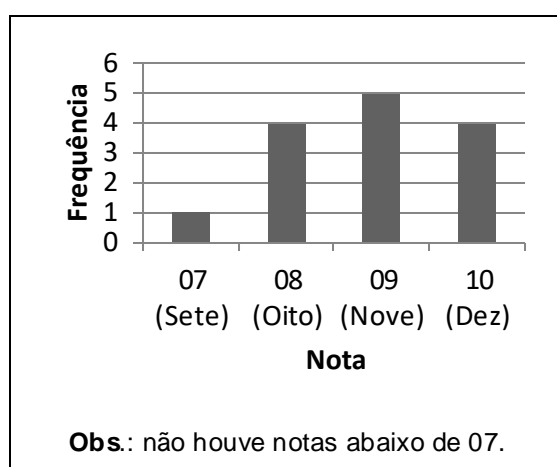
Percebe-se que não houve um ambiente com mais votos que os demais e que alguns dos mesmos ambientes que foram considerados como mais confortáveis por alguns usuários, como mostra a tabela anterior, também foram considerados como menos confortáveis por outros. Da mesma forma, há justificativas que contradizem as apresentadas na tabela anterior. Isso confirma



o fato de que as condições de conforto variam de acordo com as percepções individuais e que, por isso, é difícil satisfazer a todos.

Os respondentes deram as seguintes notas, apresentadas no Gráfico 46, para o conforto térmico nos MAE, em uma escala de 0 a 10, obtendo-se média de 8,86, que pode ser considerada alta para uma instalação provisória. Isso indica que, apesar dos problemas apresentados, os usuários consideram que o ambiente térmico dos MAE apresenta condições favoráveis ao conforto, assim como já tinha sido constatado na primeira das avaliações.

Gráfico 46 – Notas dadas pelos respondentes para o conforto térmico nos MAE, em uma escala de 0 a 10



Fonte: o autor.

Quanto aos comentários adicionais feitos pelos respondentes, na opinião de um deles, se houvesse mais camarotes com menos ocupantes, o conforto seria maior. De fato, dessa maneira, seria mais fácil para os ocupantes entrarem em acordo ao ajustarem a temperatura, conforme sua percepção e preferência, assim como foi apontado por outros respondentes. No entanto, é importante lembrar que se trata de uma instalação provisória com alojamentos para militares, semelhante às demais unidades militares existentes no Brasil e no exterior.

Outro respondente fez um comentário relativo à estanqueidade, salientando a necessidade de portas externas com melhor vedação. De fato, o problema da estanqueidade foi identificado desde as primeiras etapas da pesquisa, com as visitas técnicas realizadas e os relatos dos usuários, devendo ser tratado, para um melhor desempenho e maior conforto.

Também houve uma sugestão para se aumentar a temperatura nos termostatos, uma vez que, segundo o respondente, o conforto térmico nos MAE dependeria, principalmente, desse ajuste. Entretanto, como foi apresentado, há muitos outros fatores a serem considerados para a obtenção de um maior conforto, e somente ajustar os termostatos nem sempre é suficiente. Além disso, há de se considerar o consumo de energia e seu impacto.

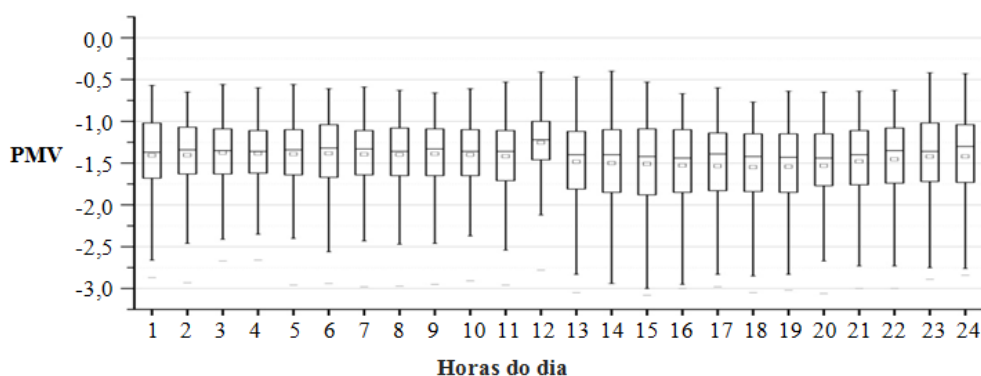
Em contrapartida à sugestão anterior, um dos respondentes comentou que, por estarem em um local de clima bem diferente daquele do país de origem, ele acredita que os usuários deveriam se aclimatar. Alegando que a temperatura na antiga Estação era mantida por volta de 20°C, a fim de se evitar choque térmico e outras situações de desconforto, como dores nas articulações ou desânimo, afirmou que, em sua opinião, a temperatura nos MAE poderia ser mantida entre 17°C e 20°C. Ressalta-se que, para isso, deveriam ser adotadas vestimentas com maior isolamento que o de costume.

#### 4.8. PRIMEIRA AVALIAÇÃO COM BASE NO PMV

A seguir, são apresentados os resultados referentes à primeira avaliação com base no PMV, de forma sucinta, uma vez que esta serviu de ensaio para a segunda avaliação com base no índice, que é apresentada no próximo subcapítulo. Ressalta-se que estes resultados também foram apresentados em Martins e outros (2015), o que possibilitou um retorno para sua análise crítica, influenciando na tomada de decisões para a segunda avaliação.

O Gráfico 47 apresenta os resultados de PMV, no camarote C3, para todo o período de medições, à altura intermediária, como exemplo, sendo que também foram obtidos resultados desse tipo para a enfermaria e o refeitório, nas três alturas estudadas, nos três ambientes.

Gráfico 47 – PMV por hora para o camarote C3 à altura de 1,10 m do piso para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) – resultados da primeira avaliação com base no PMV (isolamento de vestimenta = 0,50 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



Fonte: Martins e outros (2015, p. 32).

O camarote B2 não foi considerado nas avaliações com base no PMV, devido a falhas não solucionadas nas medições da temperatura radiante, que também comprometeram o cálculo do índice para este ambiente, assim como para a temperatura operativa.

Para facilitar a análise geral dos *boxplots*, foi elaborada uma tabela com a síntese das principais informações referentes aos aspectos analisados naquela fase da pesquisa, dando-se ênfase à análise estatística descritiva dos resultados (Tabela 18).

Tabela 18 – Síntese da análise dos diagramas de caixa de PMV para os ambientes estudados

Ambiente	Sensor (h)	Mediana	Variação para quartil superior e inferior	Variação até limite superior e inferior	Amplitude de um limite a outro	Distribuição
Camarote	0,1 m	$\cong -1,25$	$\cong \pm 0,25$	$\cong \pm 1,0$ para o período da tarde e $\cong \pm 0,75$ no restante do dia	$\cong -0,25$ a $\cong -2,5$	Simétrica
	1,1 m	[-1,25;-1,5]	[ $\pm 0,25$ ; $\pm 0,5$ ]	[ $\pm 0,75$ ; $\pm 1,0$ ] para o limite superior e [ $\pm 0,75$ ; $\pm 1,75$ ] (principalmente no período da tarde) para o limite inferior	$\cong -0,5$ a $\cong -3$ (muito frio)	Assimétrica
	1,7 m					
Enfermaria	0,1 m	$\cong -1,0$ (pouco frio, PPD = 25%), chegando a $\cong -0,75$ às 7h e às 12h	$\leq \pm 0,25$	$\cong \pm 0,5$	$\cong -0,25$ a $\cong -1,5$	Simétrica
	0,6 m	[-0,75;-1,0]				
	1,1 m					
Refeitório	0,1 m	$\cong -1,4$	$\cong \pm 0,2$	$\cong \pm 0,7$	$\cong -0,7$ a quase -2,1	
	0,6 m	$\cong -1,3$ chegando a			$\cong -0,6$ a $\cong -2,0$ (frio, PPD = 75%)	
	1,1 m	$\cong -1,4$ no período da tarde				

Fonte: Martins e outros (2015, p. 32).

Nota-se que todos os valores de PMV dentro dos limites dos *boxplots* foram negativos e que, considerando-se todos os ambientes e alturas, a amplitude geral foi de aproximadamente -0,25 (próximo à neutralidade) a -3 (muito frio).

As medianas ficaram entre aproximadamente -0,75 e -1,5, sendo que o Camarote e o Refeitório apresentaram valores dentro de uma mesma faixa intermediária entre frio (-2) e pouco frio (-1), enquanto que a Enfermaria apresentou valores pouco superiores.

A variação para quartis foi de aproximadamente  $\pm 0,20$  a  $\pm 0,50$ , enquanto a variação até os limites dos *boxplots* foi de aproximadamente  $\pm 0,50$  a  $\pm 1,75$ .

O Camarote C3 foi o ambiente que apresentou coeficientes mais baixos, chegando a aproximadamente -3 (muito frio), na altura intermediária e superior, além de maior variação e maior amplitude, com aproximadamente 2,5, tanto na altura intermediária quanto na superior.

A partir da tabela de síntese, foi elaborada uma tabela comparativa entre as alturas estudadas (Tabela 19).

Tabela 19 – Comparação geral, entre alturas, dos valores de PMV obtidos na primeira avaliação com base no índice

<b>Ambiente</b>	<b>Mediana</b>	<b>Variação</b>	<b>Amplitude</b>
<b>Camarote</b>	Inf > Int = Sup	Inf < Int = Sup	Inf < Int = Sup
<b>Enfermaria e Refeitório</b>	Inf < Int = Sup	Inf = Int = Sup	Inf = Int = Sup
<b>Legenda:</b> Inf = Altura Inferior; Int = Altura Intermediária; Sup = Altura Superior			

Fonte: adaptada de Martins e outros (2015).

Quanto à distribuição dos dados, acredita-se que a assimetria na altura intermediária e superior no Camarote C3, junto à maior variação para o limite inferior, pode ter sido causada por quedas de temperatura nestas alturas, devido a falhas de vedação ou operação de janelas, que é um problema que já tinha sido identificado em fases anteriores da pesquisa.

Em resumo, esta primeira avaliação com base no PMV indicou que, em praticamente todo o tempo, faria frio nos MAE, em maior ou menor intensidade, com oscilação, amplitude e diferenças verticais variando de um ambiente para outro e com os horários. Com base nas visitas a campo, relatos dos usuários e análises anteriores, foi possível inferir que esse desequilíbrio no sistema que envolve o ambiente térmico e os ocupantes acontece, provavelmente, devido à perda de calor e entrada de ar frio, ocasionadas por problemas relacionados à estanqueidade ou falhas na operação de esquadrias, além de dificuldades de ajuste do sistema de aquecimento (Martins et al., 2015).

#### 4.9. SEGUNDA AVALIAÇÃO COM BASE NO PMV

Quanto à segunda avaliação com base no PMV, primeiramente, são apresentados os resultados para as situações consideradas como mais prováveis de acontecer, com maior frequência, tendo em vista o tipo de uso e atividade desenvolvida em cada ambiente, para todo o período de medições. Em seguida, são apresentados os comparativos realizados para uma análise mais abrangente, considerando-se todos os ambientes, cenários, horas e períodos, bem como os votos reais de sensação térmica dos usuários.

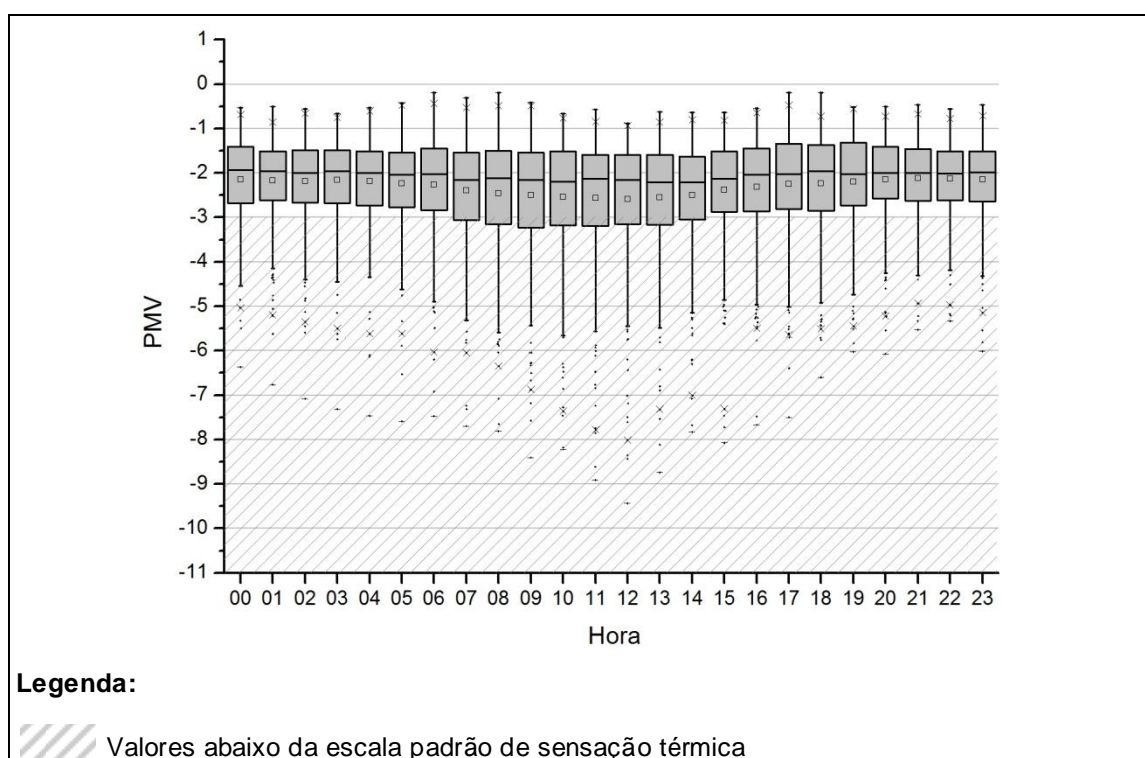
### 4.9.1. Situações mais prováveis

Os resultados para as situações mais prováveis são apresentados a seguir, para cada ambiente.

#### - Camarote C3

Para o camarote C3, foi considerado um cenário em que o usuário se encontraria reclinado na cama, em repouso, utilizando uma vestimenta leve e um cobertor. Para representar esta situação, neste ambiente, foi utilizado o cenário E (taxa metabólica = 0,8 met; isolamento de vestimenta = 1,0 clo), cujos resultados são apresentados no Gráfico 48.

Gráfico 48 – PMV por hora no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário E (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 0,8 met)



Fonte: o autor.

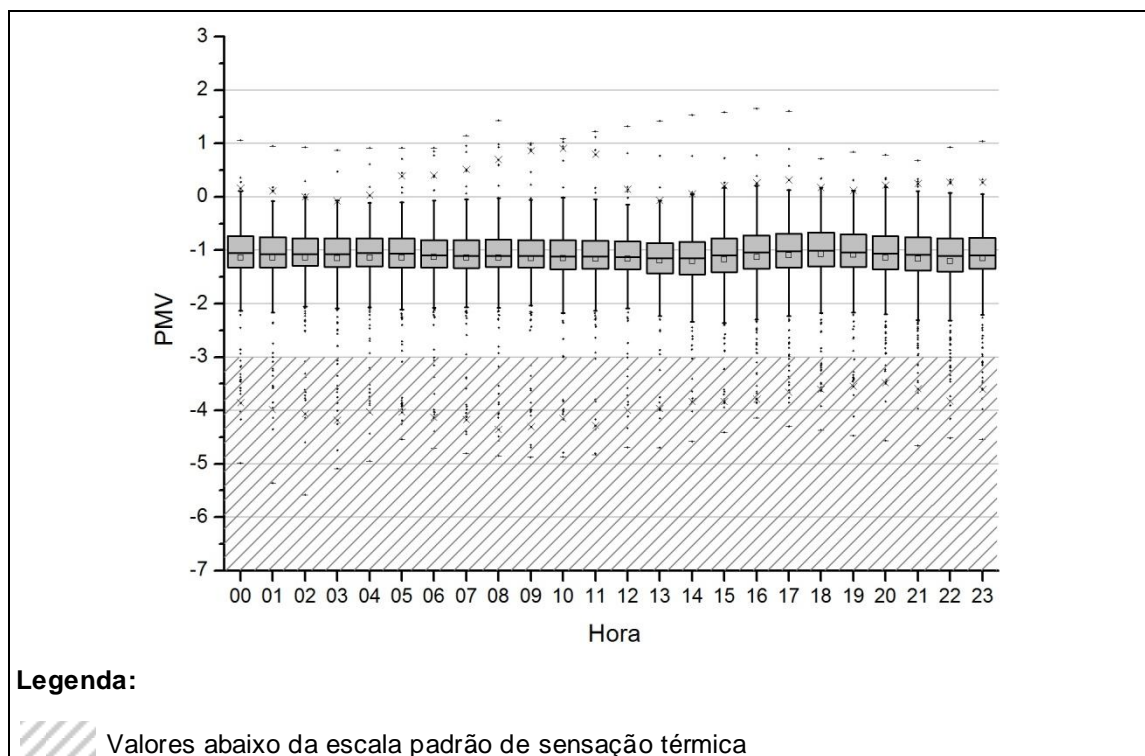
Percebe-se que a concentração geral dos resultados, considerando-se a caixa cinza dos *boxplots*, que representam 50% dos valores centrais em torno da mediana, ficou por volta de -3 (muito frio) a -1 (pouco frio). Isso indica que, nas condições apresentadas, seria necessário ter um maior isolamento ou aumento da temperatura para se chegar próximo à neutralidade térmica.

Observa-se que, considerando a variação vertical de temperatura, é provável que os ocupantes dos beliches superiores, ao sentirem calor, ajustem ou convençam os demais a ajustarem o termostato para mais frio e, com isso, geram-se temperaturas intermediárias e inferiores desconfortáveis. Para quem sente frio, nos beliches inferiores, é possível se cobrir, mas para quem sente calor, nos beliches superiores, não há outra opção se não diminuir a temperatura, sendo natural que os usuários que ficam na parte de baixo concordem com esse ajuste.

#### **- Enfermaria**

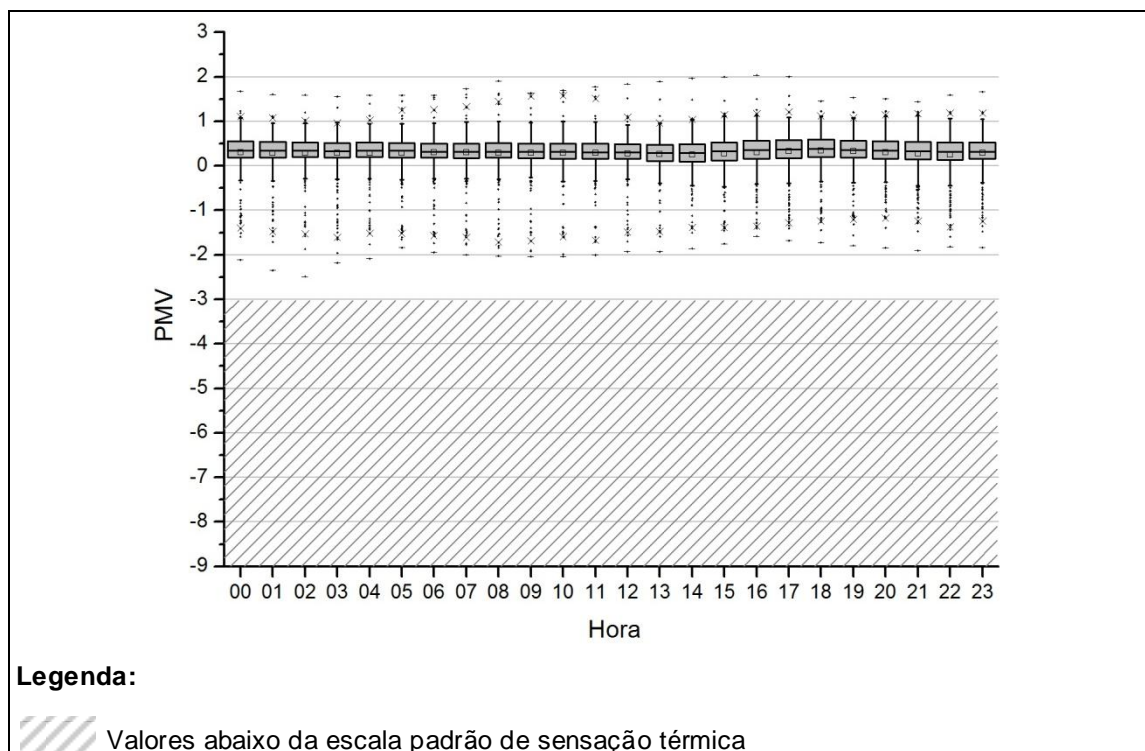
Para a enfermaria, foram estabelecidas duas situações como mais prováveis: a primeira considera o enfermo, reclinado no leito, em repouso, utilizando uma vestimenta leve e um cobertor; e a segunda considera o usuário em serviço, cuidando do enfermo, em caso de necessidade, em atividade sedentária, na maior parte do tempo, utilizando uma vestimenta com isolamento de 1,0 clo. Dessa forma, para a primeira situação foi utilizado o cenário E (0,8 met; 1,0 clo) e, para a segunda, o cenário F (1,2 met; 1,0 clo), cujos resultados são apresentados nos gráficos 49 e 50, respectivamente.

Gráfico 49 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário E (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 0,8 met)



Fonte: o autor.

Gráfico 50 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário F (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



Fonte: o autor.



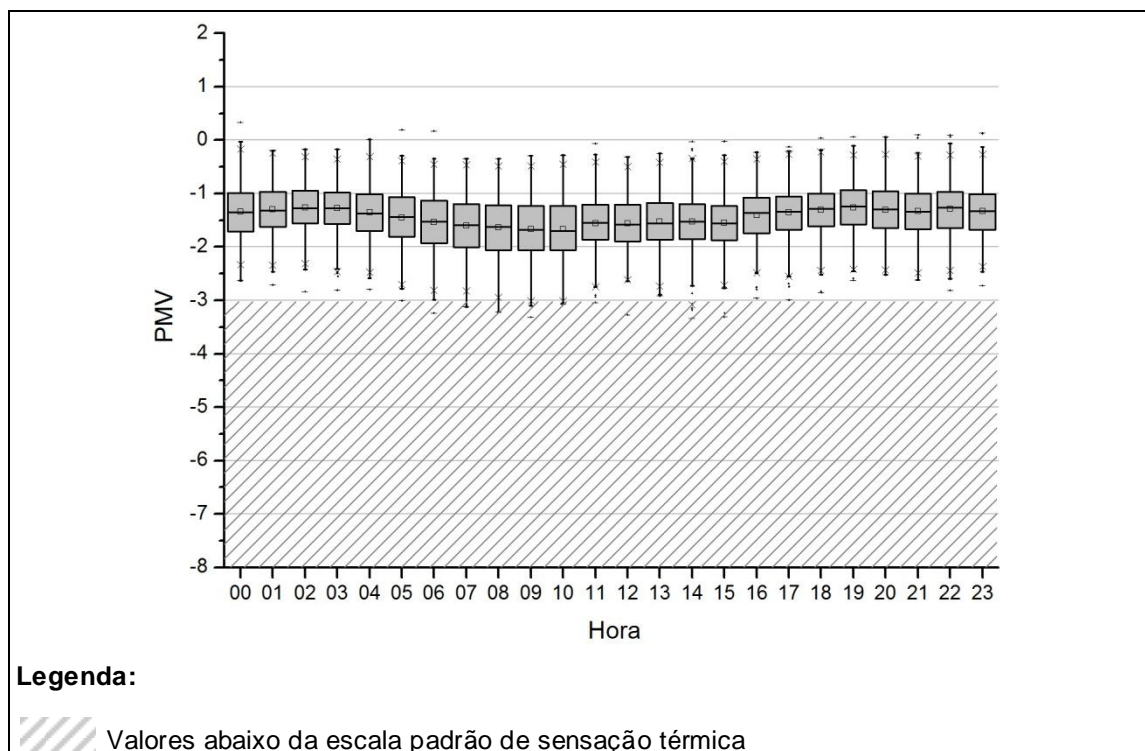
Percebe-se que, para a primeira situação, provavelmente o usuário teria a sensação de pouco frio, uma vez que a concentração de resultados ficou por volta de -1, nas condições observadas. Em compensação, para a segunda situação, em geral a concentração de resultados ficou entre 0,0 e +0,5, representando apenas de 5% a 10% de insatisfeitos, conforme indicado na ISO 7730 (2005).

Observa-se que a escala de PMV vai além dos valores atingido pelos *boxplots*, pois abrangem os valores alcançados pelos resultados dos outros cenários, no mesmo ambiente, para fim de comparação. Ressalta-se que os comparativos entre ambientes, cenários, horas, períodos e votos reais serão apresentados em tópicos distintos, adiante.

#### **- Refeitório**

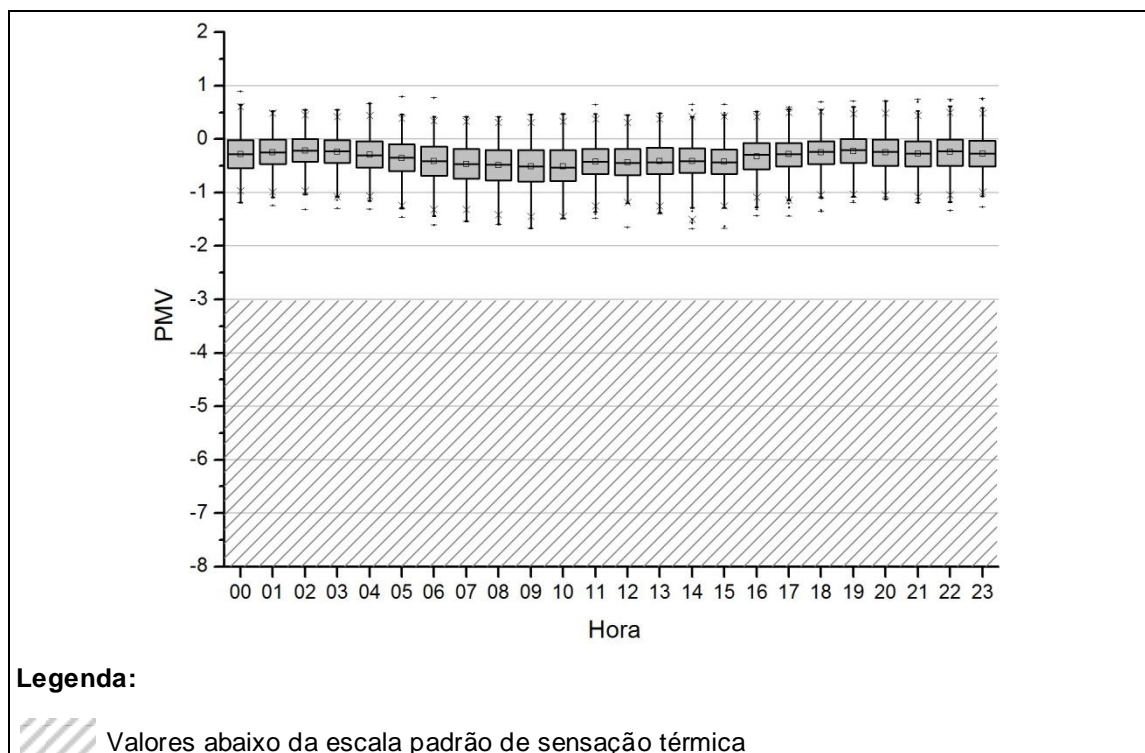
Para o refeitório, foram consideradas duas situações: tanto em uma quanto na outra, o usuário realizaria alguma atividade sedentária, por exemplo, participando de uma reunião em grupo ou refeição, sendo que, na primeira, o usuário utilizaria uma vestimenta mais leve, isto é, com menor isolamento que na segunda. Para representar essas situações foram utilizados os cenários C (0,5 clo; 1,2 met) e F (1,0 clo; 1,2 met), respectivamente, cujos resultados são apresentados nos gráficos 51 e 52, nesta ordem.

Gráfico 51 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



Fonte: o autor.

Gráfico 52 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário F (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



Fonte: o autor.

Percebe-se que, em geral, a concentração dos resultados para o cenário C ficou entre -2 (frio) e -1 (pouco frio). Em contrapartida, em geral, a concentração de resultados para o cenário F ficou próxima à neutralidade. Dessa forma, é possível se inferir que é mais provável que, ao desempenhar uma atividade sedentária no refeitório, o usuário se sinta próximo à neutralidade térmica se o mesmo utilizar uma vestimenta com isolamento de aproximadamente 1,0 clo ou maior.

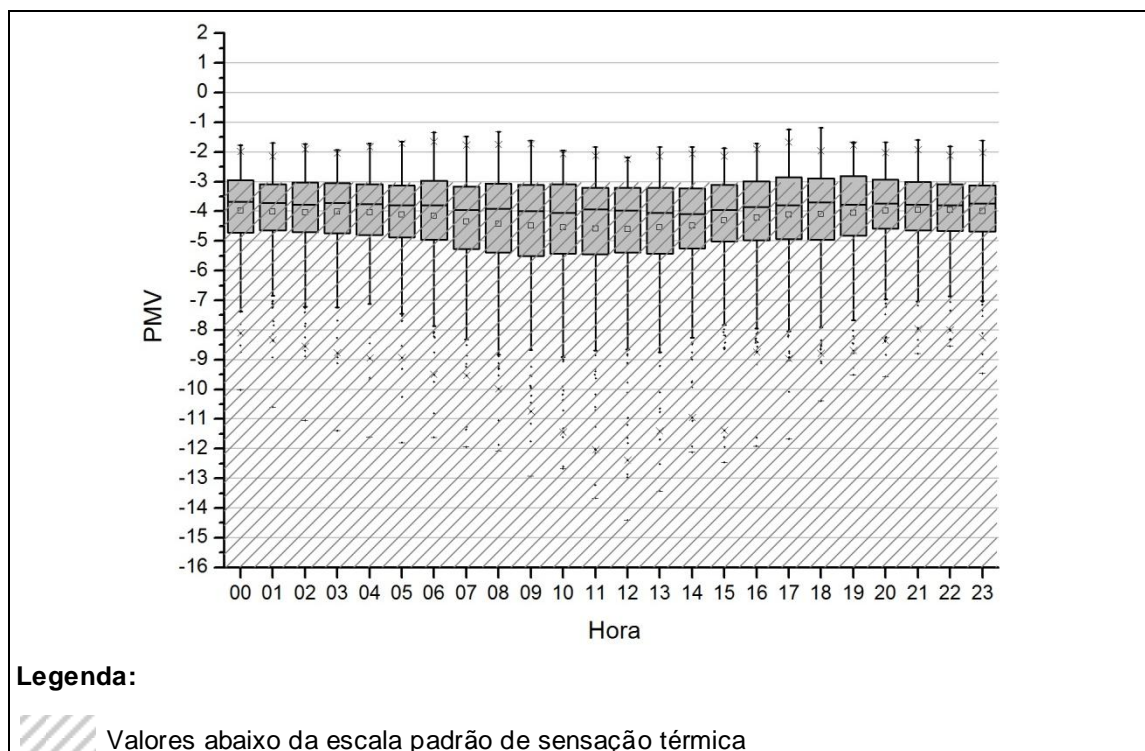
Nos tópicos a seguir, são apresentados os comparativos que foram mencionados no início desta parte, a começar pelos cenários, que foram apresentados no capítulo de métodos para a avaliação.

#### **4.9.2. Comparativo entre cenários**

Considerando-se os resultados para todos os ambientes, de forma geral, os cenários que apresentaram os menores e os maiores resultados de PMV foram, respectivamente, o cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) e o G (1,0 clo; 2,0 met).

O cenário B apresentou muitos resultados abaixo de -3, ficando fora da escala de sensação térmica padrão, principalmente no camarote C3 e no refeitório. O Gráfico 53 apresenta os resultados para o cenário B no camarote C3, como exemplo.

Gráfico 53 – PMV por hora no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met)

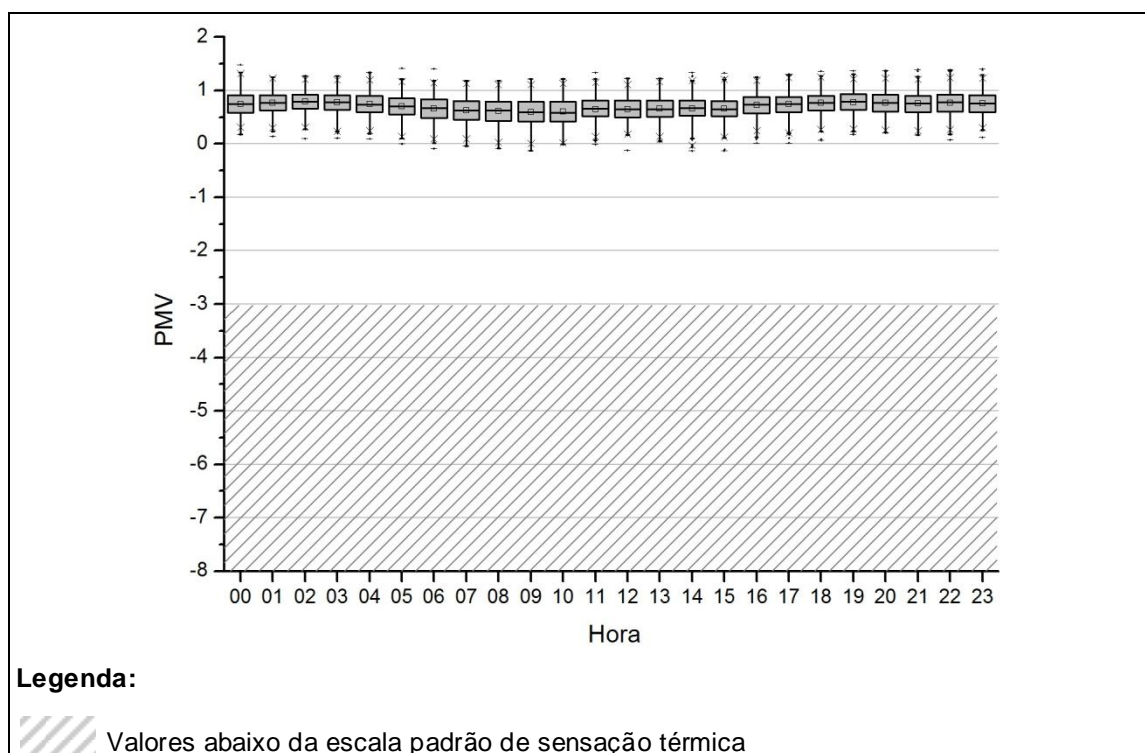


Fonte: o autor.

Percebe-se que, no camarote C3, o cenário B apresentou a maior parte dos resultados abaixo de -3, com *outliers* próximos até mesmo de -14, muito abaixo dos resultados para o mesmo cenário nos outros ambientes. Ressalta-se que, como a ISO 7730 (2005) foi feita para ambientes moderados, é possível que para temperaturas muito abaixo da zona de conforto, que foram registradas eventualmente nos MAE, os resultados de PMV também fiquem bem abaixo da escala padrão. Observa-se, ainda, que o comparativo entre ambientes será apresentado em outro tópico específico, adiante.

Em contrapartida, o cenário G apresentou uma maioria de resultados com valores positivos, isto é, acima da neutralidade, nos três ambientes e períodos. O Gráfico 54 apresenta os resultados para o cenário G no refeitório, como exemplo.

Gráfico 54 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário G (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 2,0 met)



Fonte: o autor.

Considerando-se todos os cenários, de forma geral, no camarote C3, grande parte dos resultados ficou dentro da escala de sensação térmica padrão – que vai de -3 (muito frio) a +3 (muito calor) –, com exceção do cenário B, como apresentado.

Tendo-se em conta todos os cenários, com exceção do cenário B, ao se observar os gráficos para os cenários de menores e maiores resultados, E e G, respectivamente, para este caso, verificou-se que, em geral, no camarote C3, a concentração dos resultados ficou entre aproximadamente -3 (muito frio) e +1 (pouco calor).

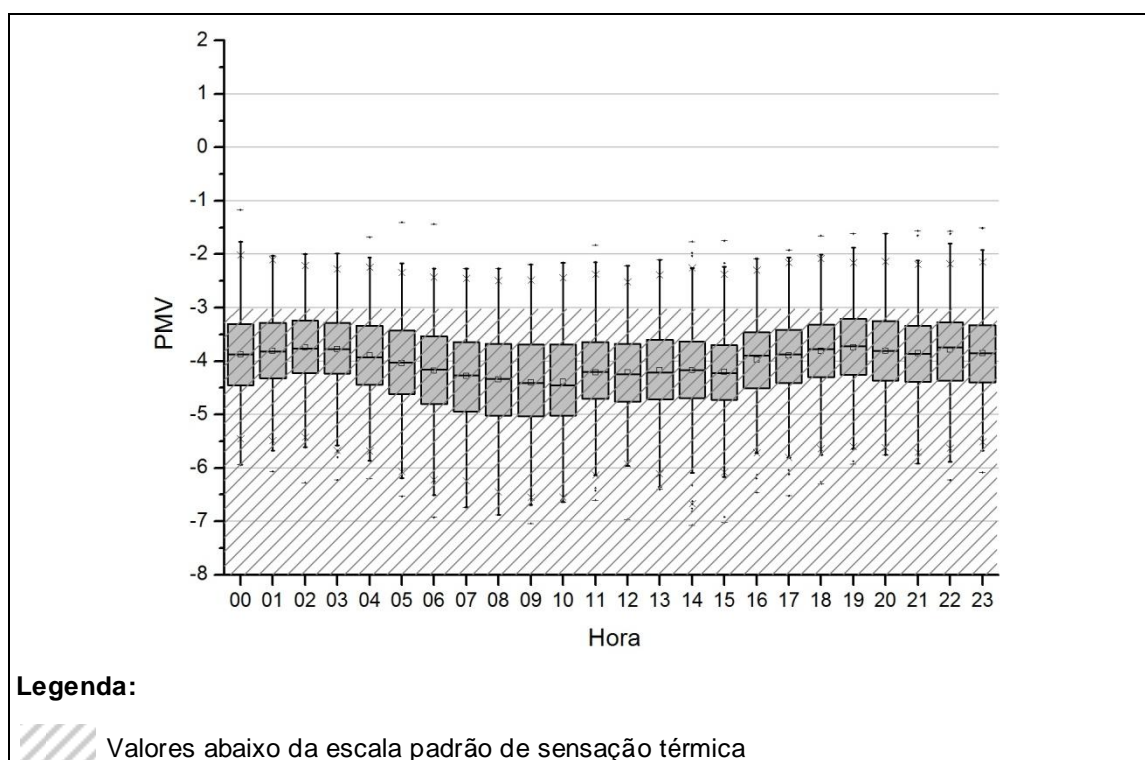
Na enfermaria, a maior parte dos resultados ficou dentro da escala de sensação térmica padrão, em todos os cenários, apesar do cenário B apresentar muitos valores abaixo de -3, com *outliers* próximos de -8.

Considerando-se todos os cenários juntos, incluindo-se o cenário B, ao se observar os gráficos dos cenários de menores e maiores resultados, B e G, respectivamente, para este caso, verificou-se que, em geral, na enfermaria, a

concentração dos resultados ficou entre aproximadamente -3 (muito frio) e +1,25 (acima de pouco calor).

No refeitório, grande parte dos resultados ficou dentro da escala de sensação térmica padrão, com exceção do cenário B, em que a maior parte ficou abaixo de -3, assim como no camarote C3, sendo que, desta vez, os *outliers* chegaram próximos de -7, como se observa no Gráfico 55.

Gráfico 55 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met)



Fonte: o autor.

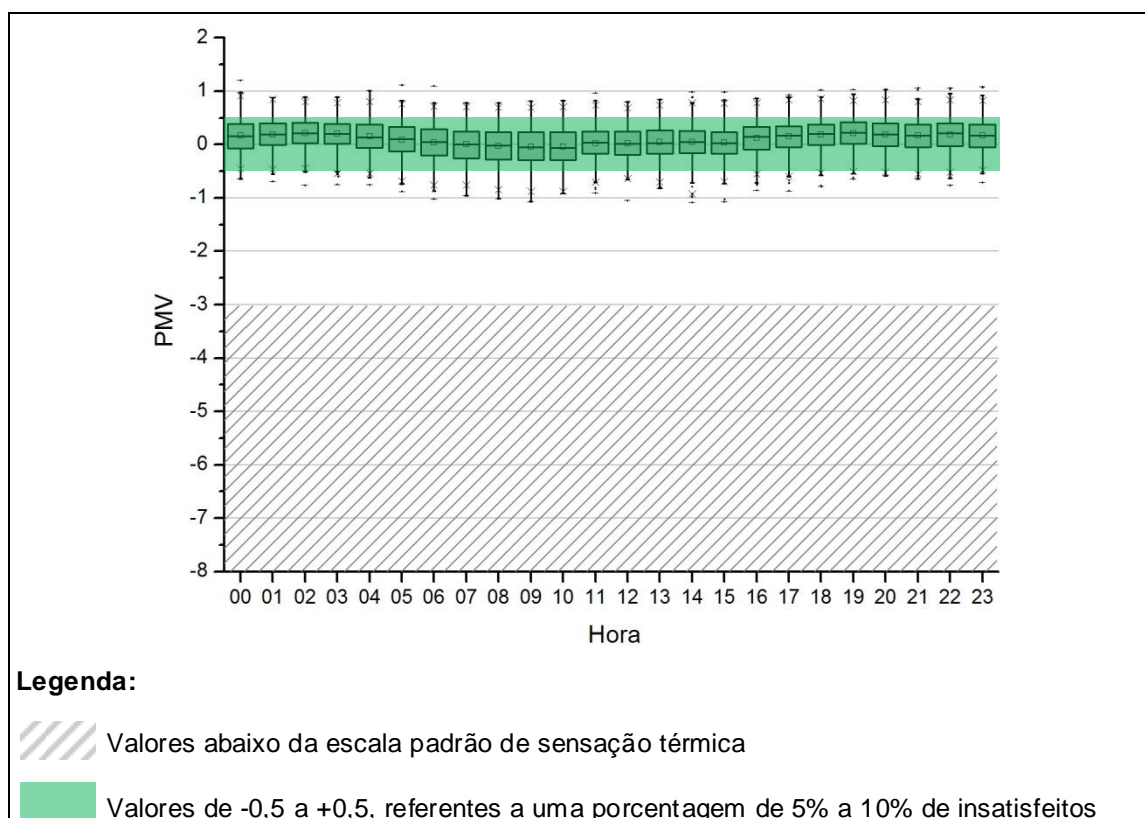
Considerando-se todos os demais cenários juntos, ao se observar os cenários de menores e maiores resultados, respectivamente, E e G, para este caso, verificou-se que, no refeitório, sua concentração também se deu entre aproximadamente -3 (muito frio) a +1 (pouco calor).

Em resumo, grande parte dos resultados ficou dentro da escala de sensação térmica padrão, com exceção do cenário B para o camarote C3 e o refeitório, que apresentou valores muito abaixo da escala, e a concentração geral dos resultados, nos três ambientes, foi de aproximadamente -3 (muito frio) a +1 (pouco calor).



Considerando-se todo o período de medições, nos três ambientes, dois dos sete (2/7) cenários apresentaram concentração geral de resultados entre aproximadamente -0,5 e +0,5, representando apenas 5% a 10% de insatisfeitos, sendo eles: cenários D e F, no camarote C3 e no refeitório; e cenários C e F, na enfermaria. Ressalta-se que os cenários C e F são aqueles em que a taxa metabólica é de atividade sedentária (1,2 met), variando-se o isolamento da vestimenta de 0,5 clo para 1,0 clo, respectivamente, enquanto o cenário D corresponde a uma situação em que o usuário desenvolve uma atividade considerada como “média”, pela ISO 7730 (2005), e de pé (2,0 met), utilizando uma vestimenta leve, para trabalho, de 0,5 clo. O Gráfico 56 apresenta os resultados obtidos para o cenário D no refeitório, como exemplo.

Gráfico 56 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário D (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 2,0 met) com concentração entre -0,5 e +0,5



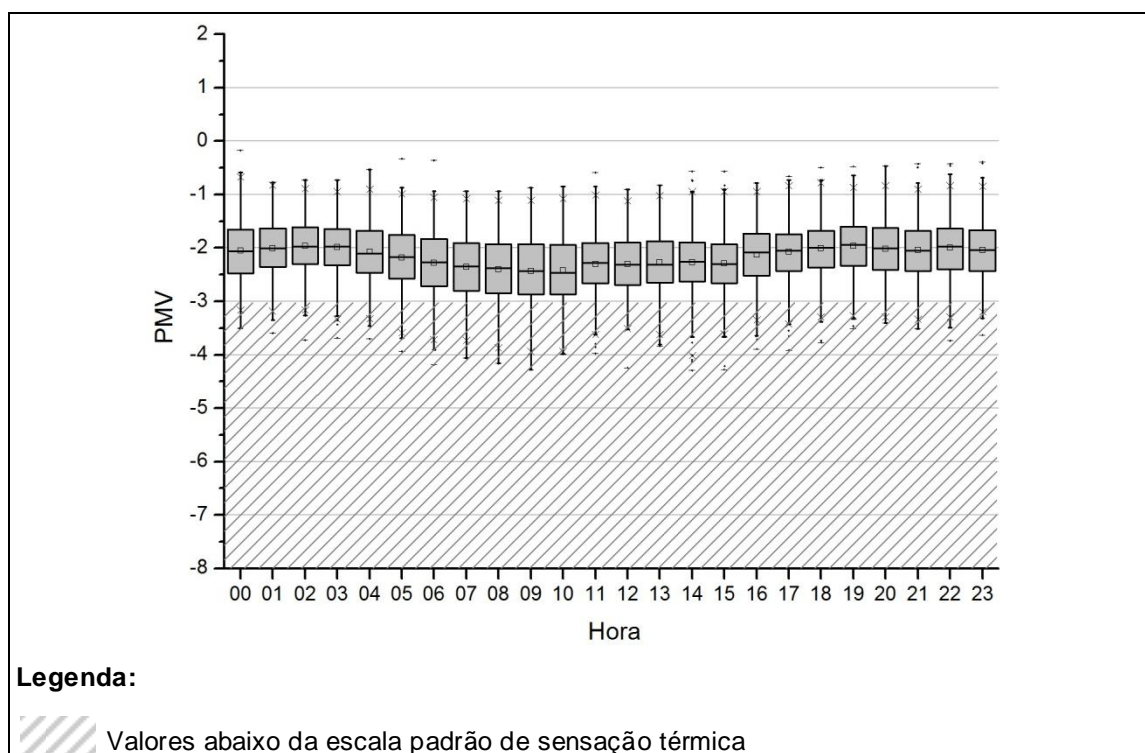
Fonte: o autor.

Como o cenário F foi favorável em todos os ambientes, é possível se inferir que se os usuários utilizassem vestimentas que garantissem um maior isolamento (próximo de 1,0 clo), ao desenvolverem atividades sedentárias (1,2 met), poderiam se sentir próximos da neutralidade térmica em qualquer ambiente.

Em contrapartida, conforme os resultados do cenário D, ao desenvolverem atividades médias em pé, utilizar uma vestimenta mais leve possibilitaria que se sentissem próximos a essa neutralidade.

Por sua vez, ao descansar, estando o usuário reclinado, este precisaria de um isolamento superior a 1,0 clo para se sentir próximo à neutralidade, dado que, no cenário E (0,8, met; 1,0 clo), a concentração dos valores não chegou próximo à neutralidade em nenhum ambiente. O Gráfico 57 apresenta os resultados para este cenário no refeitório, como exemplo.

Gráfico 57 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário E (isolamento de vestimenta = 1,0 clo; taxa metabólica = 0,8 met)

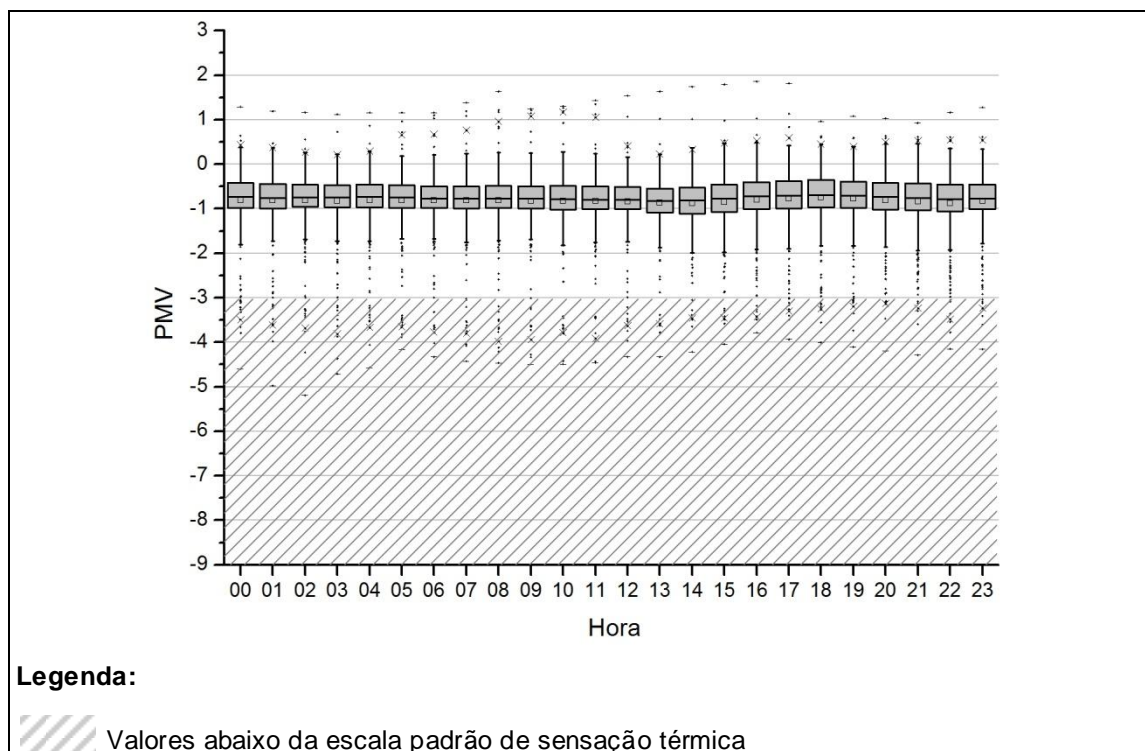


Fonte: o autor.

Nota-se que, apenas na enfermaria, o cenário A, que corresponde à média de isolamento de vestimenta dos usuários (0,38 clo), em atividade sedentária (1,2 met), teve concentração acima de -1 (pouco frio), como se observa no Gráfico 58.



Gráfico 58 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário A (isolamento de vestimenta = 0,38 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



Fonte: o autor.

Isso pode indicar que os usuários deveriam utilizar vestimentas que garantissem um maior isolamento, para desempenhar esse tipo de atividade, a fim de se sentirem próximos à neutralidade.

Com base na análise da concentração dos resultados de PMV entre -0,5 e +0,5, na escala de sensação térmica padrão, para os cenários observados, foi elaborado o Quadro 4, que apresenta indicações de vestimentas para os usuários se sentirem próximo à neutralidade térmica nos MAE, conforme as atividades desempenhadas.

Quadro 4 – Vestimentas indicadas para os usuários se sentirem próximo à neutralidade térmica nos MAE, conforme atividades, com base na análise da concentração dos resultados de PMV entre -0,5 e +0,5, na escala de sensação térmica padrão, para os cenários observados

<b>Atividade</b>	<b>Vestimenta</b>
Descansando, reclinada	As vestimentas utilizadas deveriam ter um isolamento muito superior ao de costume dos usuários, pela média geral, devendo ficar por volta de 2,0 clo. Dessa forma, seriam necessárias sobreposições de blusas e jaquetas de frio, por cima da camisa, além de calças e meias grossas. Considerando-se o provável incômodo de se ter que utilizar tantas peças de roupas pesadas e sobrepostas, neste caso, recomenda-se utilizar uma vestimenta com menor isolamento e se cobrir com uma colcha ou edredom.
Sedentária (por exemplo, trabalhando no computador)	As vestimentas utilizadas devem ter um isolamento pouco superior ao de costume dos usuários, pela média geral, devendo ficar próximo de 1,0 clo. Para isso, basta vestir uma blusa ou uma jaqueta por cima da camisa, bem como substituir as bermudas por calças, e utilizar meias grossas.
Média, de pé (por exemplo, realizando algum trabalho doméstico ou operando máquinas)	As vestimentas utilizadas podem ter um isolamento próximo ao de costume dos usuários, pela média geral, isto é, por volta de 0,4 clo. Dessa forma, podem ser utilizadas camisetas, calças leves e meias que não sejam grossas.

Fonte: o autor.

A fim de se observarem as variações dos resultados de PMV conforme o aumento do isolamento de vestimenta, foram comparados os cenários de mesma taxa metabólica.

Dessa forma, mantendo-se a taxa metabólica em 0,8 met (pessoa reclinada, em repouso), com o aumento do isolamento de vestimenta de 0,5 clo para 1,00 clo, houve um acréscimo por volta de 1,75 para a maioria dos resultados de PMV no camarote C3 e no refeitório, e por volta de 1,5 na enfermaria, considerando-se todo o período de medições. Observa-se que isso foi percebido ao se compararem os resultados para os cenários B e E, apresentados anteriormente.

Mantendo-se a taxa metabólica em 1,2 met (atividade sedentária), com o aumento do isolamento de vestimenta de 0,5 clo (cenário C) para 1,0 clo (cenário F), houve um acréscimo por volta de uma unidade (1,0) para a maioria dos resultados de PMV, em todos os ambientes. Isso significa que se, por

exemplo, com uma vestimenta mais leve se sente pouco frio, substituindo-a por uma vestimenta com maior isolamento, se sentirá próximo da neutralidade térmica.

Por sua vez, mantendo-se a taxa metabólica em 2,0 met (pessoa de pé em atividade média), com o aumento do isolamento de vestimenta de 0,5 clo (cenário D) para 1,0 clo (cenário G), houve um acréscimo por volta de 0,5 para a maioria dos resultados de PMV, em todos os ambientes.

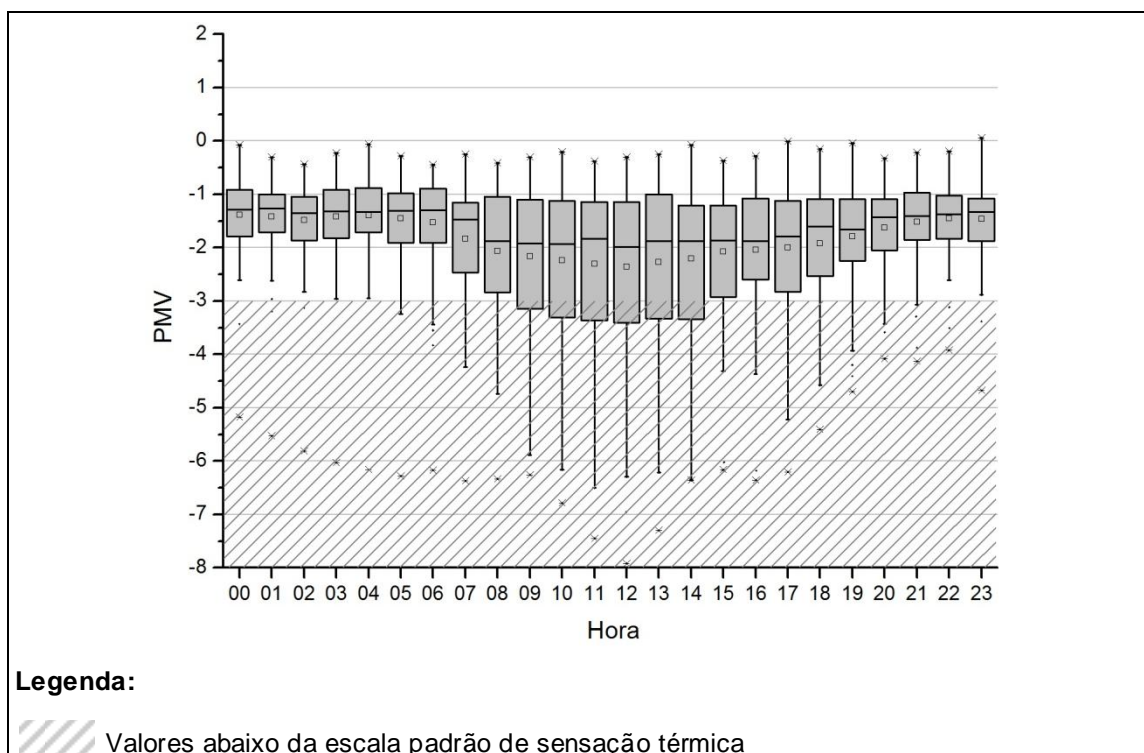
Com essa análise, observou-se que quanto maior é o coeficiente para taxa metabólica, menor será a influência do isolamento da vestimenta para os valores obtidos, ou seja, o grau de influência do isolamento da vestimenta nos resultados obtidos é inversamente proporcional ao valor da taxa metabólica.

Ressalta-se que o comparativo apresentado mostra o quanto o índice PMV é sensível nos ambientes estudados, mesmo com a alteração de uma única variável por vez, confirmando que sua utilização para a avaliação dos MAE é adequada.

#### **4.9.3. Comparativo entre períodos**

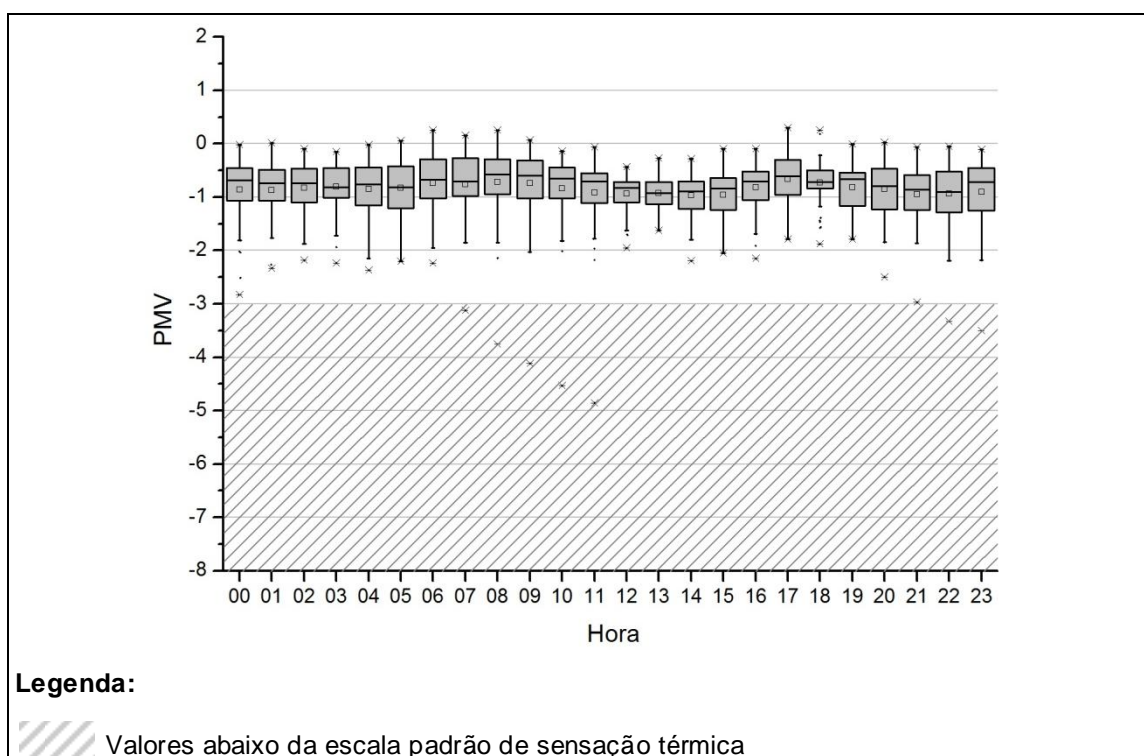
No camarote C3, os resultados para o período de inverno (Gráfico 59) apresentaram maior amplitude que para o período de verão (Gráfico 60), ao contrário do que aconteceu na enfermaria (gráficos 61 e 62), e ao passo que, em geral, no refeitório, a amplitude se manteve próxima entre os dois períodos (gráficos 63 e 64).

Gráfico 59 – PMV por hora no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



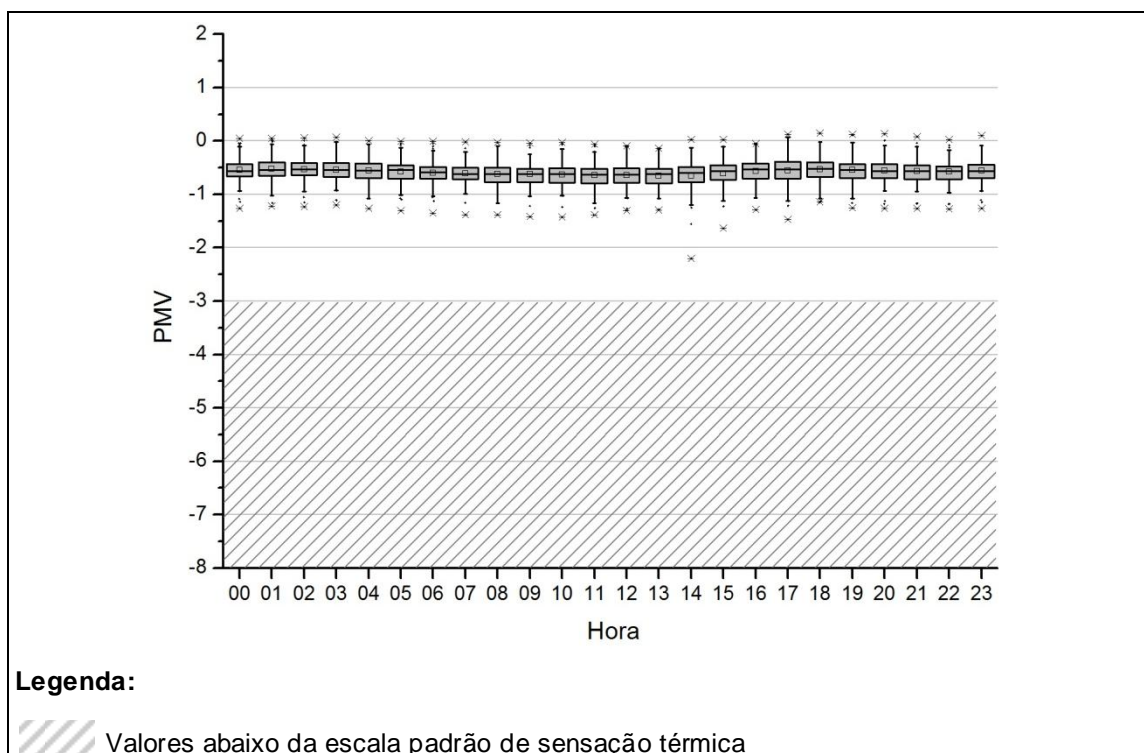
Fonte: o autor.

Gráfico 60 – PMV por hora no camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



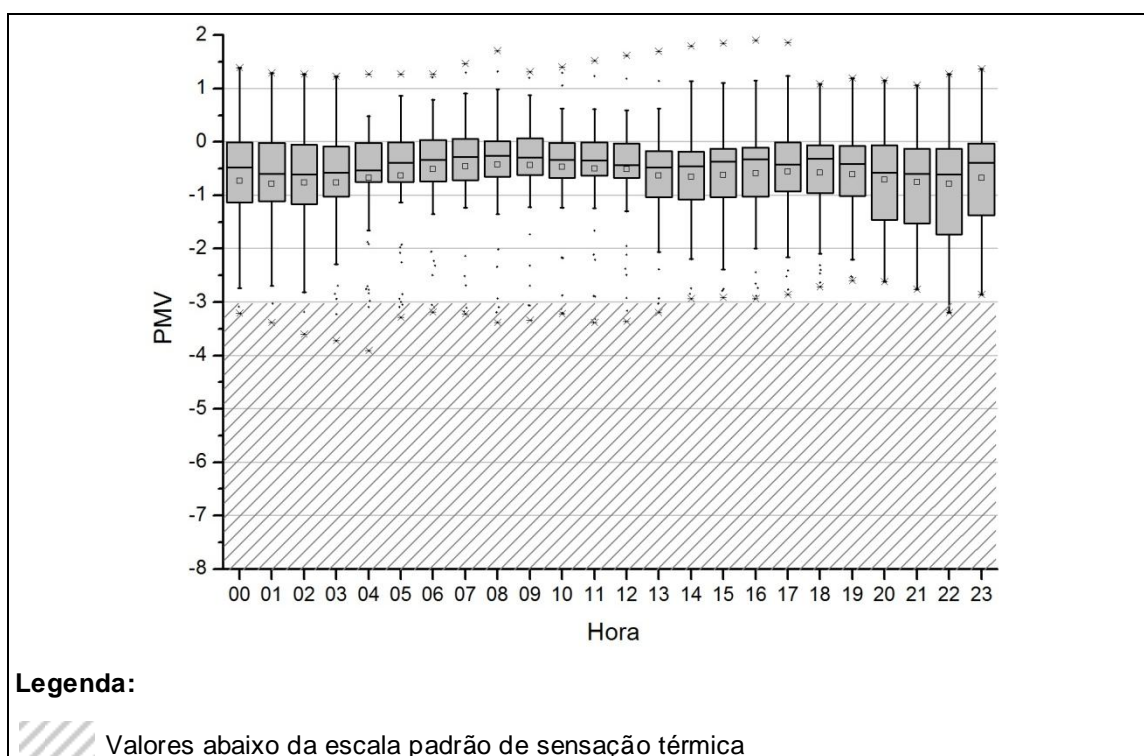
Fonte: o autor.

Gráfico 61 – PMV por hora na enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



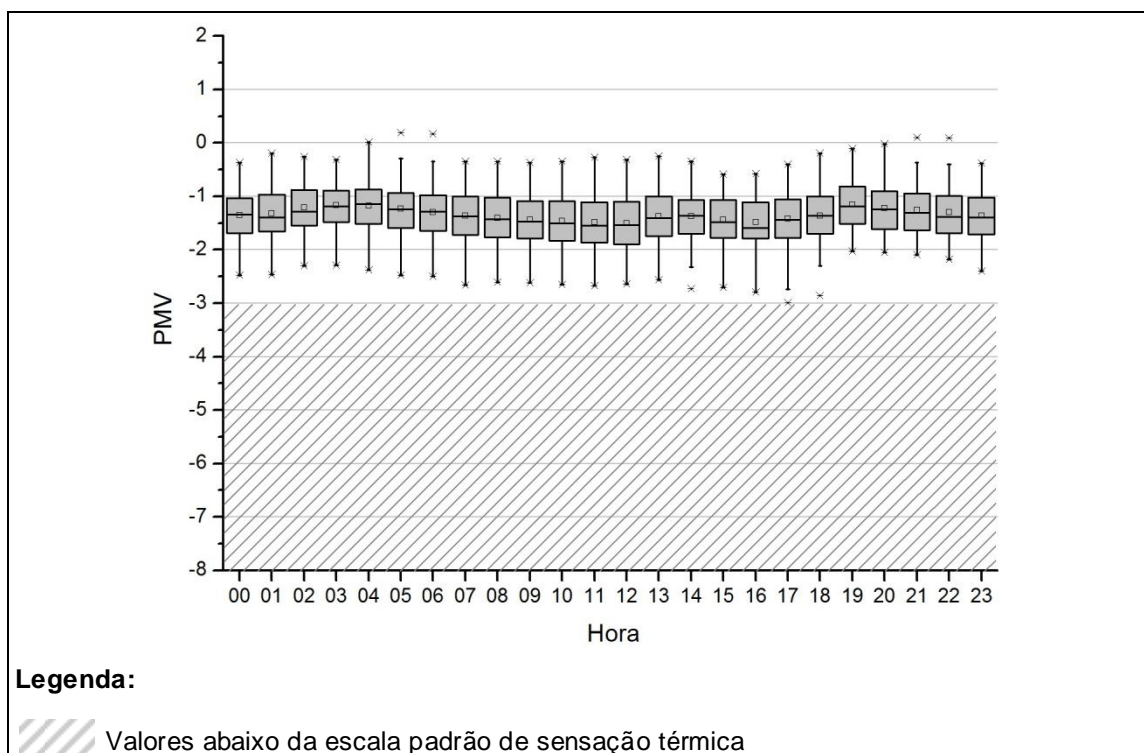
Fonte: o autor.

Gráfico 62 – PMV por hora na enfermaria para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



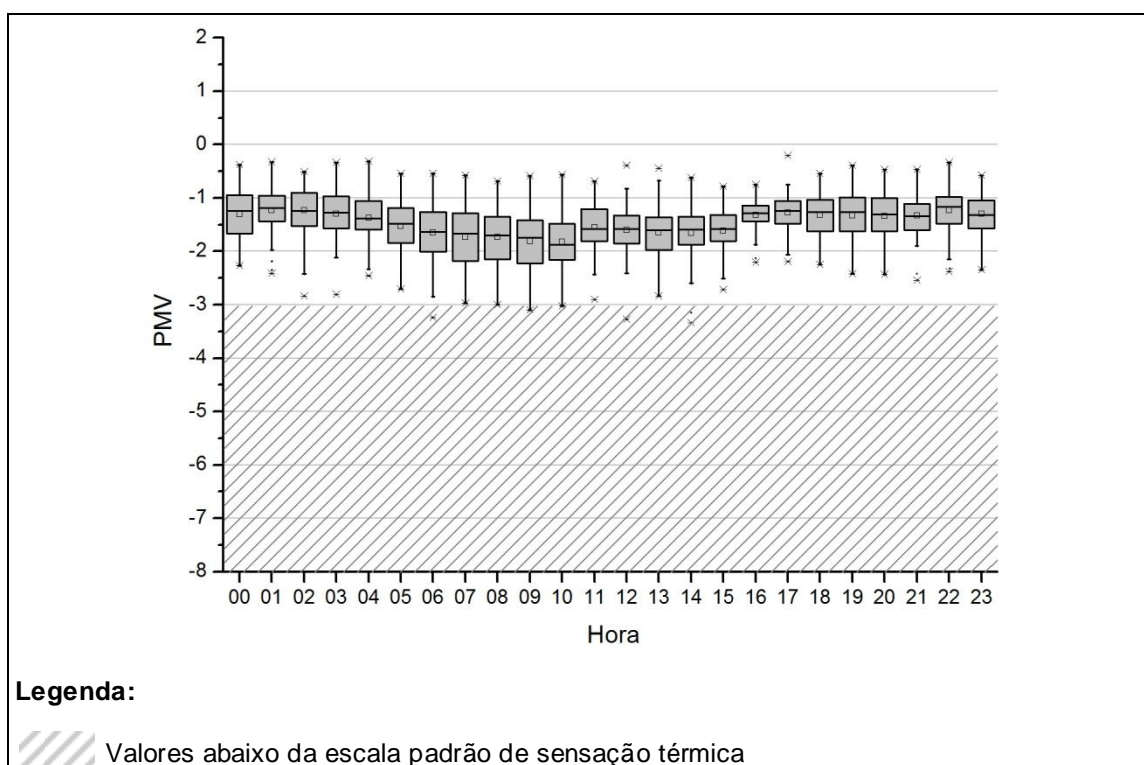
Fonte: o autor.

Gráfico 63 – PMV por hora no refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



Fonte: o autor.

Gráfico 64 – PMV por hora no refeitório para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met)



Fonte: o autor.

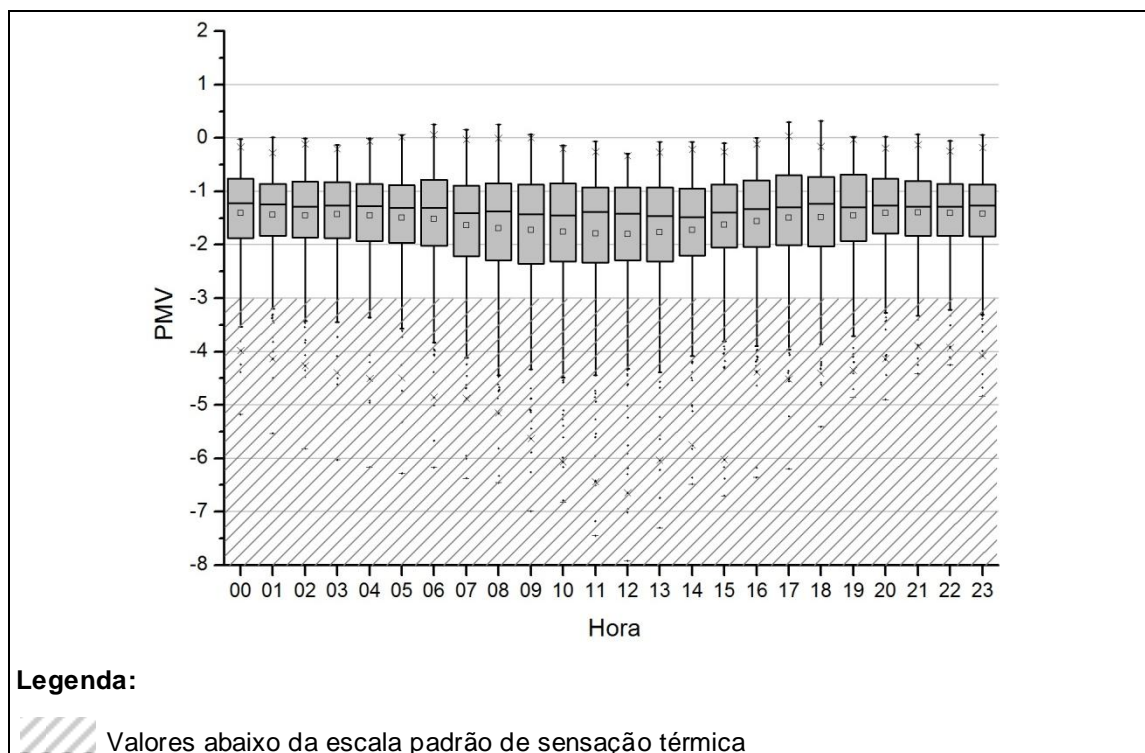


Percebe-se que, na enfermaria e no refeitório, para o período de verão, em algumas horas, houve concentrações de resultados inferiores aos do período de inverno, provavelmente devido ao fato de que durante o período de verão há mais pessoas nos MAE e, com isso, há mais trocas de calor por abertura de portas em alguns horários de maior fluxo de usuários entre ambientes.

#### 4.9.4. Comparativo entre ambientes

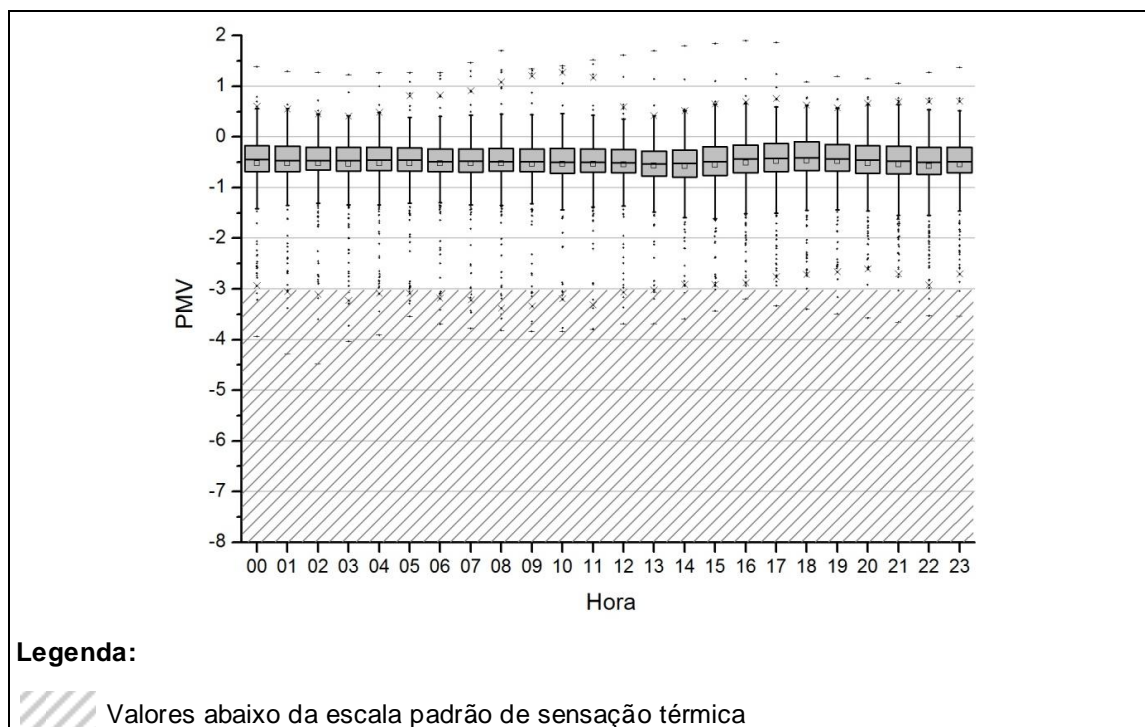
Em geral, o camarote C3 e o refeitório apresentaram resultados próximos, entre os dois ambientes, e inferiores aos da enfermaria, sendo que o camarote C3 apresentou maior amplitude que os outros dois ambientes, considerando-se os valores dentro dos limites de aceitação, ou seja, fora os *outliers*. Isso pode ser observado nos gráficos de 65 a 67, que apresentam os resultados para o cenário C (0,5 clo; 1,2 met) nos três ambientes, na mesma escala, para comparação.

Gráfico 65 – PMV por hora no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met) em escala para comparação entre ambientes



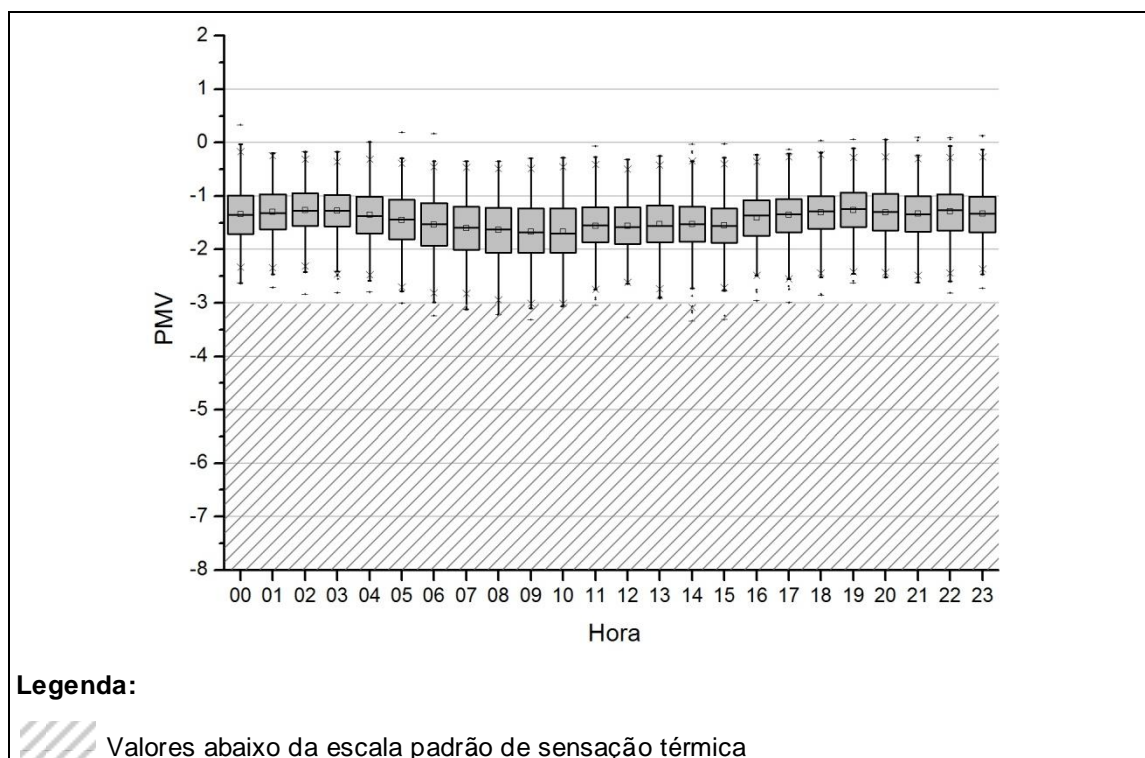
Fonte: o autor.

Gráfico 66 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met) em escala para comparação entre ambientes



Fonte: o autor.

Gráfico 67 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário C (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 1,2 met) em escala para comparação entre ambientes



Fonte: o autor.

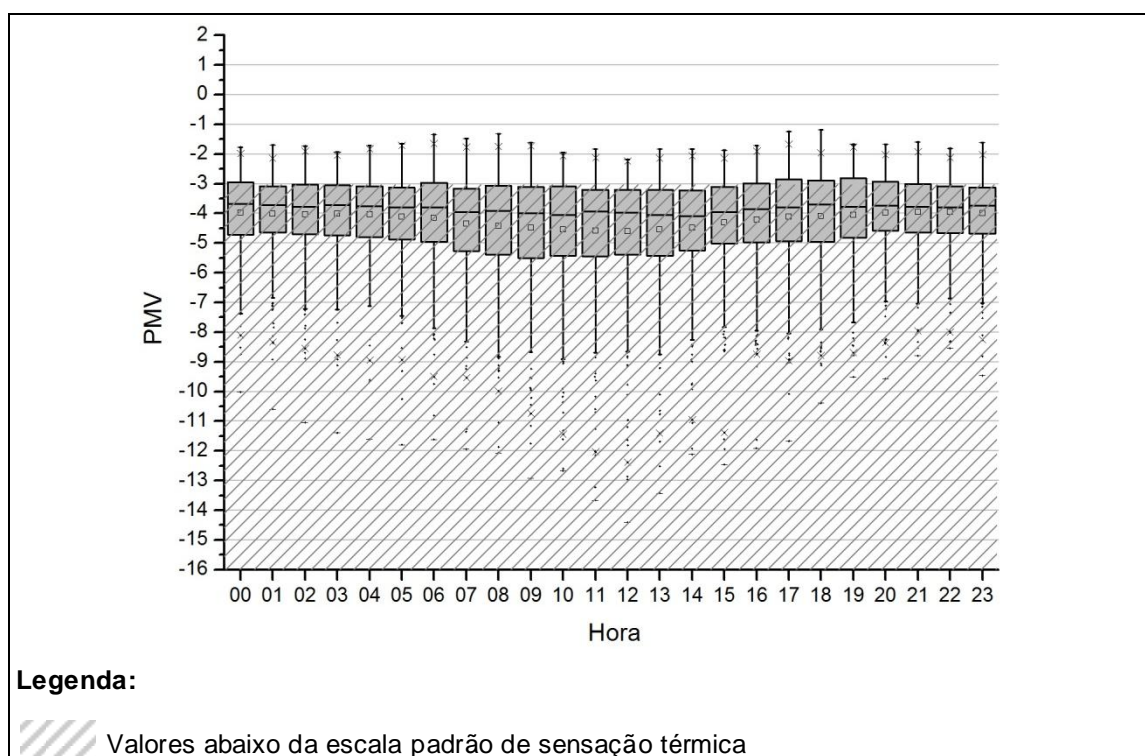


#### 4.9.5. Comparativo entre horas

Para este comparativo foram utilizados os gráficos do cenário B, por apresentarem uma maior amplitude, permitindo uma melhor visualização das diferenças entre as horas e possibilitando identificar as maiores delas.

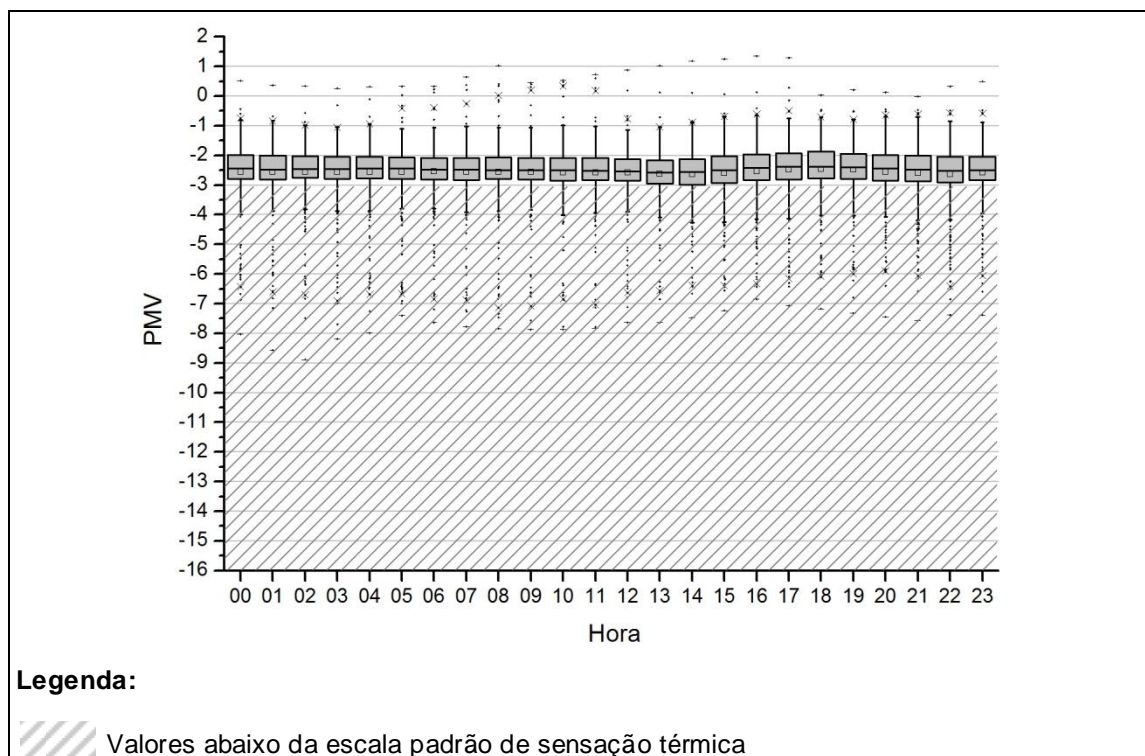
Considerando-se todo o período de medições, a amplitude dos resultados foi próxima entre as horas, em todos os ambientes, como pode ser observado nos gráficos de (68 a 70).

Gráfico 68 – PMV por hora no camarote C3 para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas



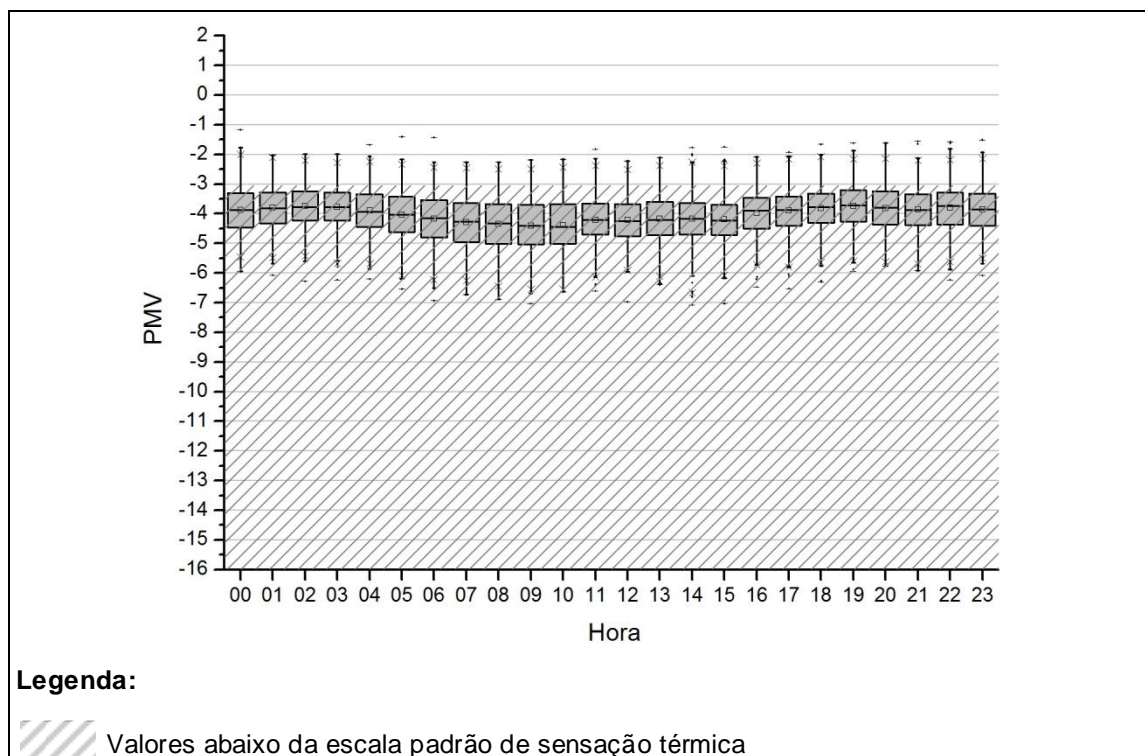
Fonte: o autor.

Gráfico 69 – PMV por hora na enfermaria para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas



Fonte: o autor.

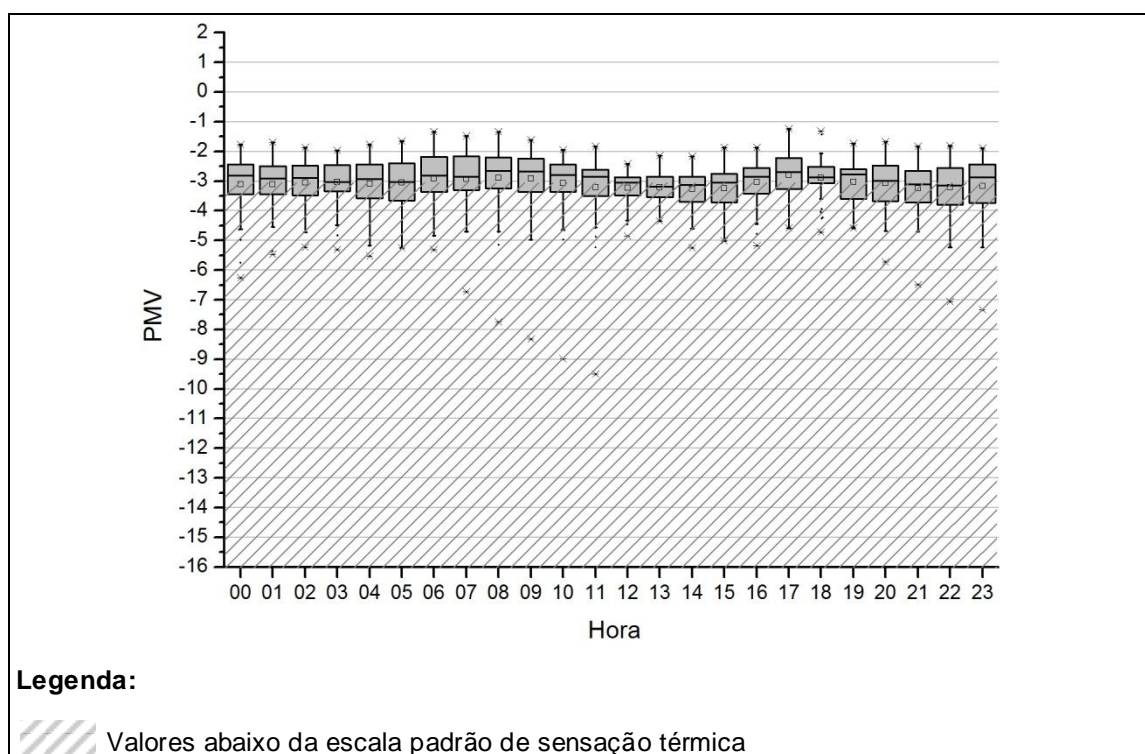
Gráfico 70 – PMV por hora no refeitório para todo o período de medições (20/03/2014, às 19h, a 11/03/2015, às 20h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas



Fonte: o autor.

No período de verão, em todos os ambientes, houve uma variação nítida de amplitude dos resultados entre as horas, sendo que apenas na enfermaria parece haver uma continuidade no crescimento ou diminuição dessa amplitude. Neste caso, as horas de 10 às 12 apresentam as menores amplitudes, até chegar às 20 horas, onde se percebe a maior amplitude de resultados, neste ambiente. Os gráficos de 71 a 73 apresentam os resultados analisados.

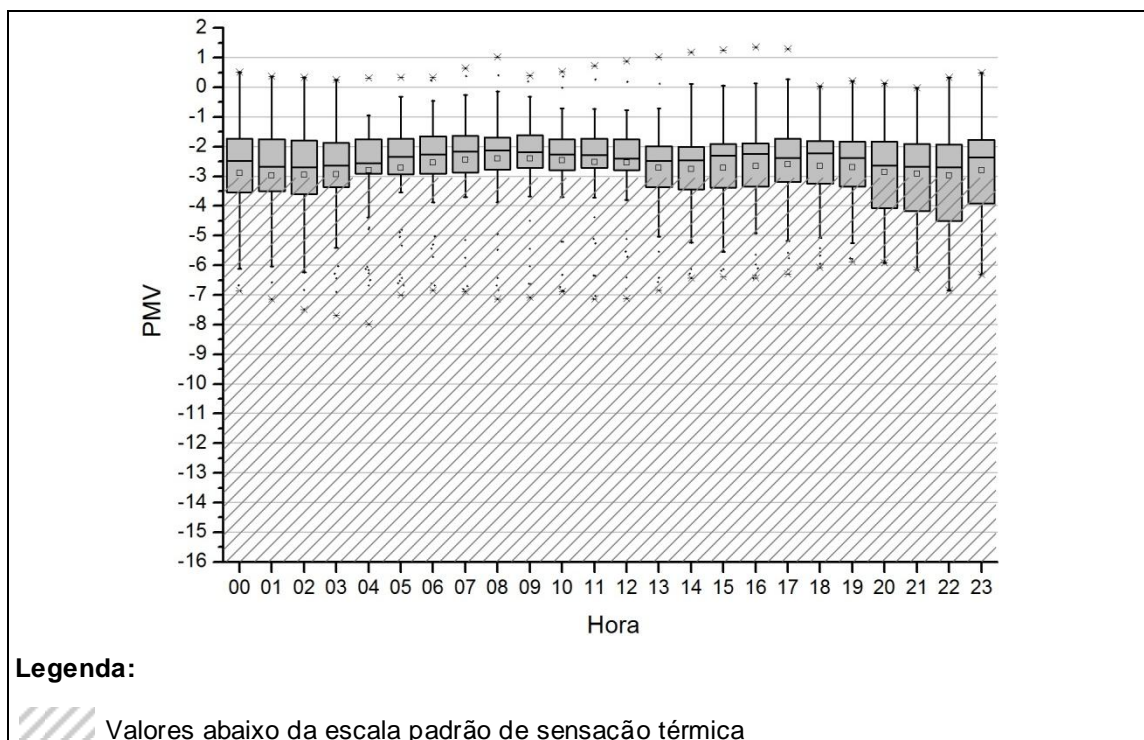
Gráfico 71 – PMV por hora no camarote C3 para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas



Fonte: o autor.

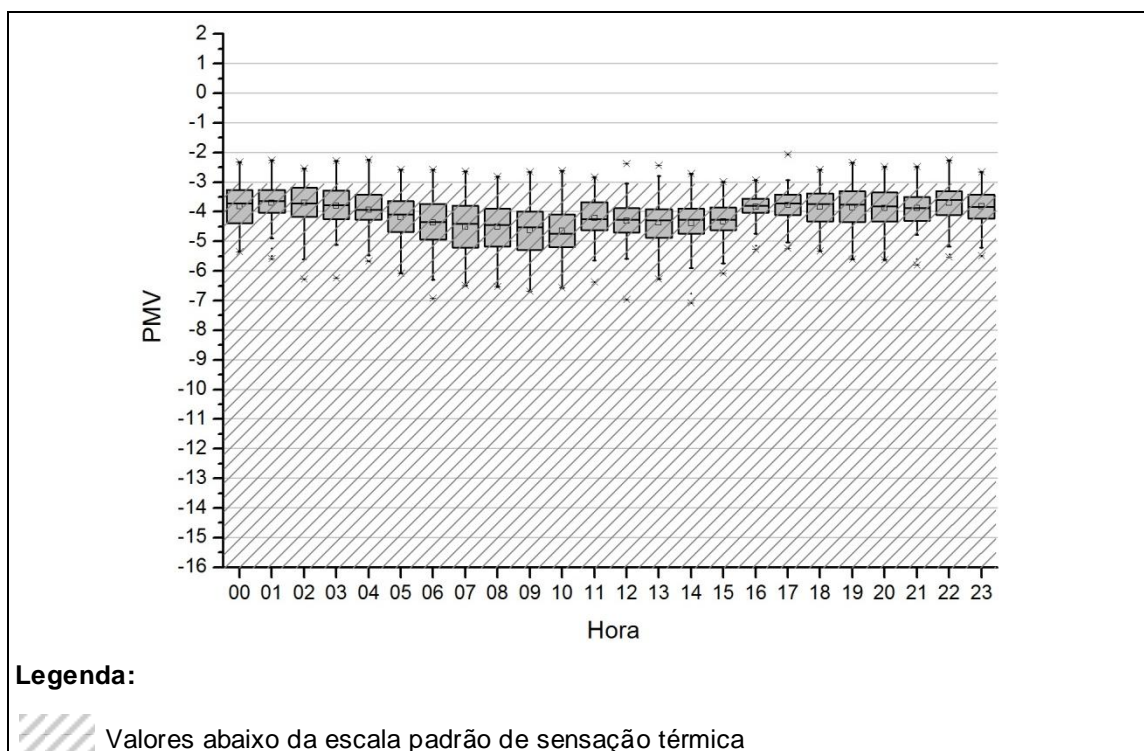


Gráfico 72 – PMV por hora na enfermaria para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas



Fonte: o autor.

Gráfico 73 – PMV por hora no refeitório para o período de verão (01/01/2015, às 00h, a 28/02/2015, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala para comparação entre horas

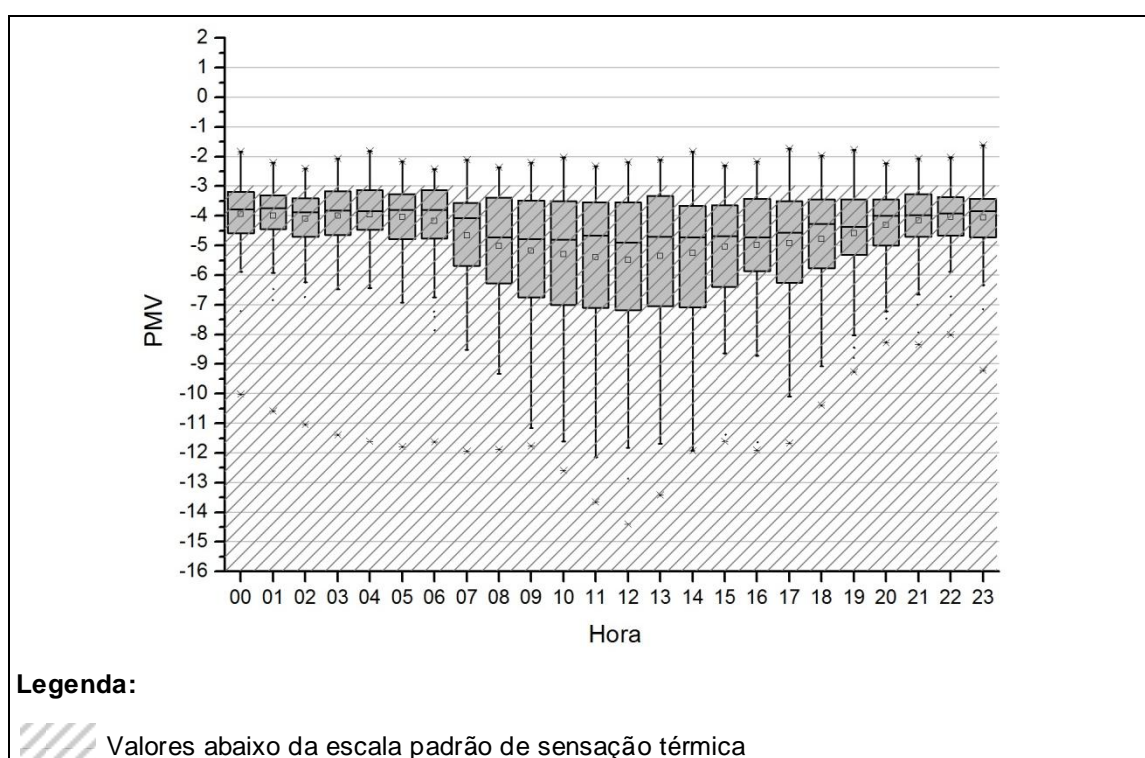


Fonte: o autor.

Essas variações podem ser devidas às trocas de calor por abertura de portas, considerando-se que, neste período, há um maior número de usuários nos MAE e, conseqüentemente, um maior fluxo de pessoas de um ambiente para outro.

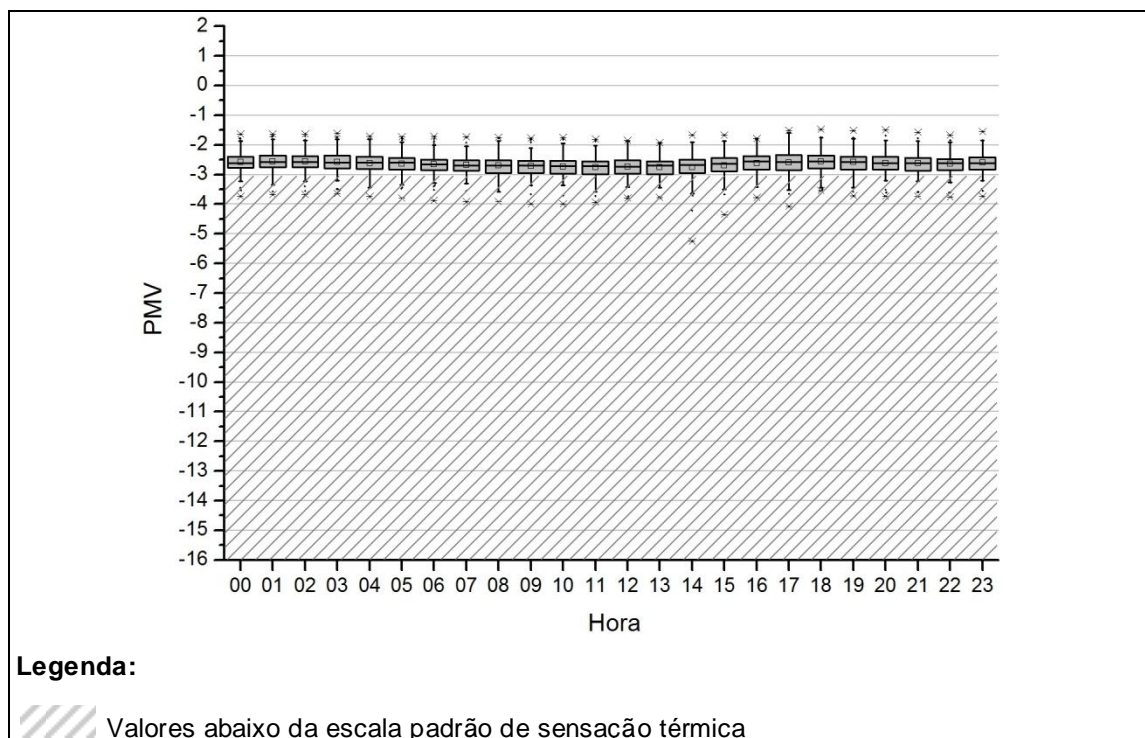
Por sua vez, no período de inverno, apenas no camarote C3 se percebe uma nítida variação de amplitudes entre as horas, observando-se os gráficos para os três ambientes (gráficos de 74 a 76).

Gráfico 74 – PMV por hora no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala única para comparação entre horas



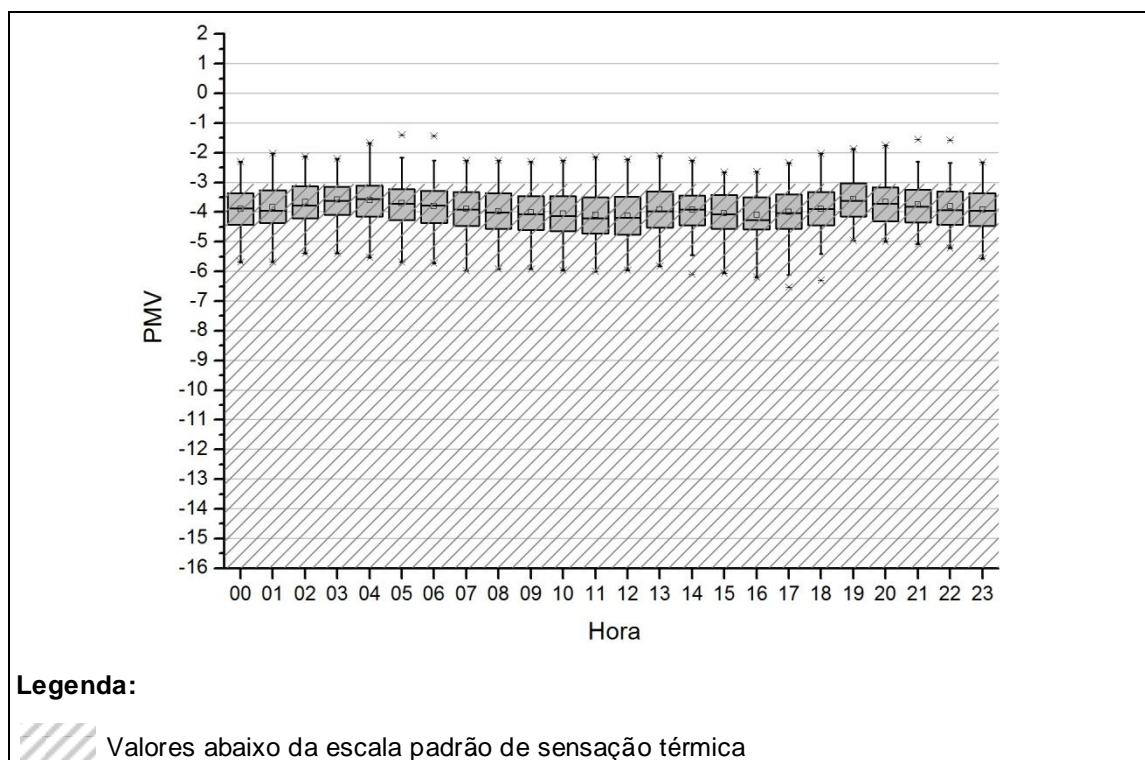
Fonte: o autor.

Gráfico 75 – PMV por hora na enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala única para comparação entre horas



Fonte: o autor.

Gráfico 76 – PMV por hora no refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário B (isolamento de vestimenta = 0,5 clo; taxa metabólica = 0,8 met) em escala única para comparação entre horas



Fonte: o autor.

É nítida a assimetria negativa dos resultados no camarote C3, no período de inverno e no período completo de medições, o que pode indicar uma tendência à ocorrência de resultados de valores inferiores ao padrão deste ambiente. Nota-se que essa assimetria já havia sido identificada na primeira avaliação com base no PMV.

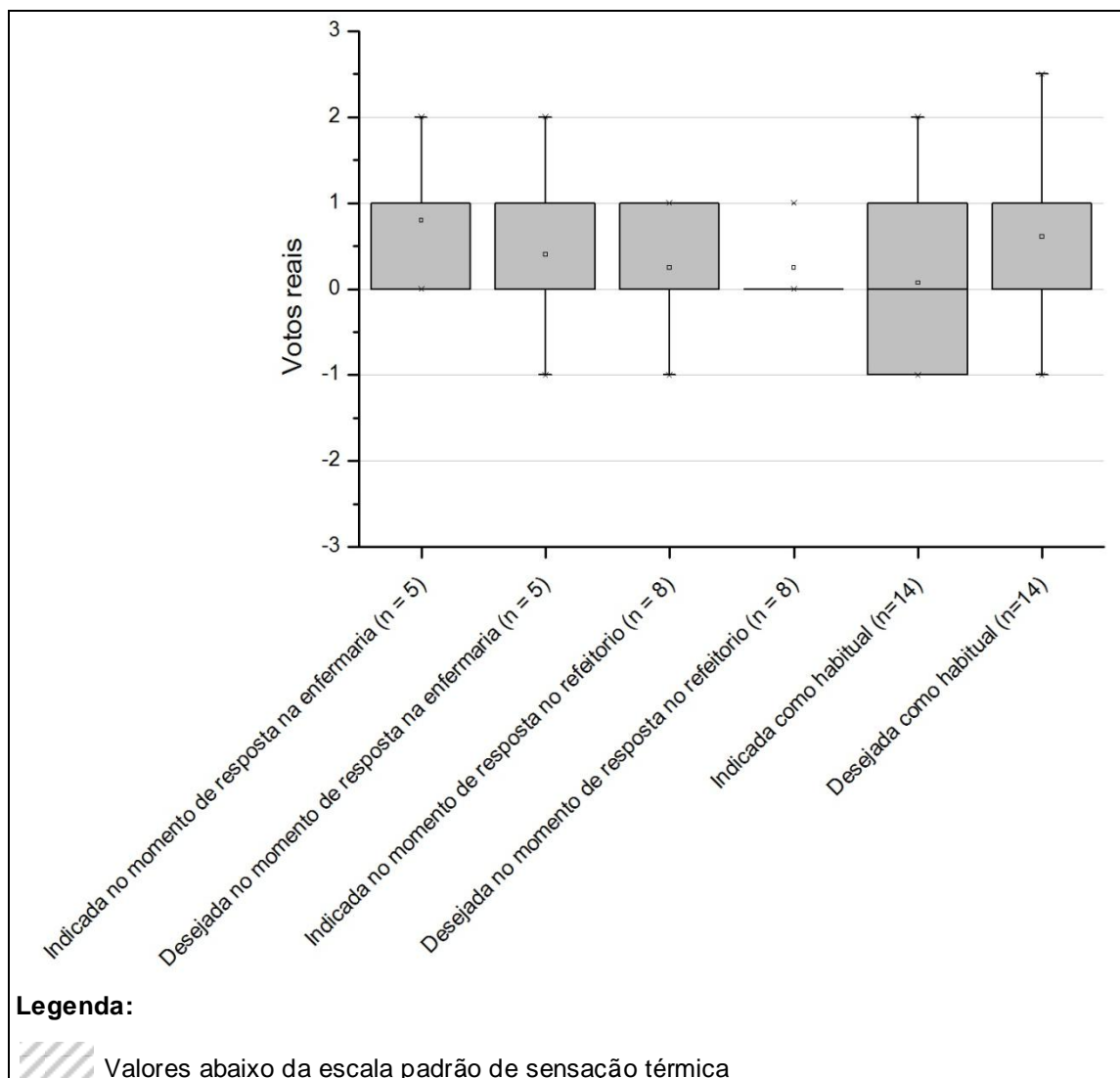
Observa-se, também, que isso é mais evidente no período de inverno, de manhã, em que a amplitude dos resultados também é maior, apresentando-se concentrações que abrangem valores inferiores àqueles abrangidos nas outras horas. Os demais resultados, para o período de verão e para os demais ambientes, em geral, apresentam uma maior simetria.

#### **4.9.6. Comparativo entre os resultados de PMV e os votos reais de sensação e preferência térmica dos usuários**

Para este comparativo foram utilizados os gráficos do cenário A, que corresponde ao isolamento de vestimenta médio dos usuários (0,38 clo), obtido através das respostas do questionário, em atividade sedentária (1,2 met), para o período de inverno, que foi o período em que o mesmo questionário foi respondido. Também foram utilizados *boxplots*, gerados para os votos de sensação térmica indicada e desejada, que foram obtidos através das respostas do questionário de conforto térmico.

Os votos reais de sensação térmica indicada tiveram concentração de 0,0 (neutralidade) a +1,0 (pouco calor), sendo que a concentração da sensação indicada como habitual se estendeu até -1,0 (pouco frio), como apresenta o Gráfico 77.

Gráfico 77 – *Boxplots* dos votos reais para sensação indicada e desejada, no momento de resposta do questionário de conforto térmico e habitualmente, nos MAE, para comparação com os votos preditos

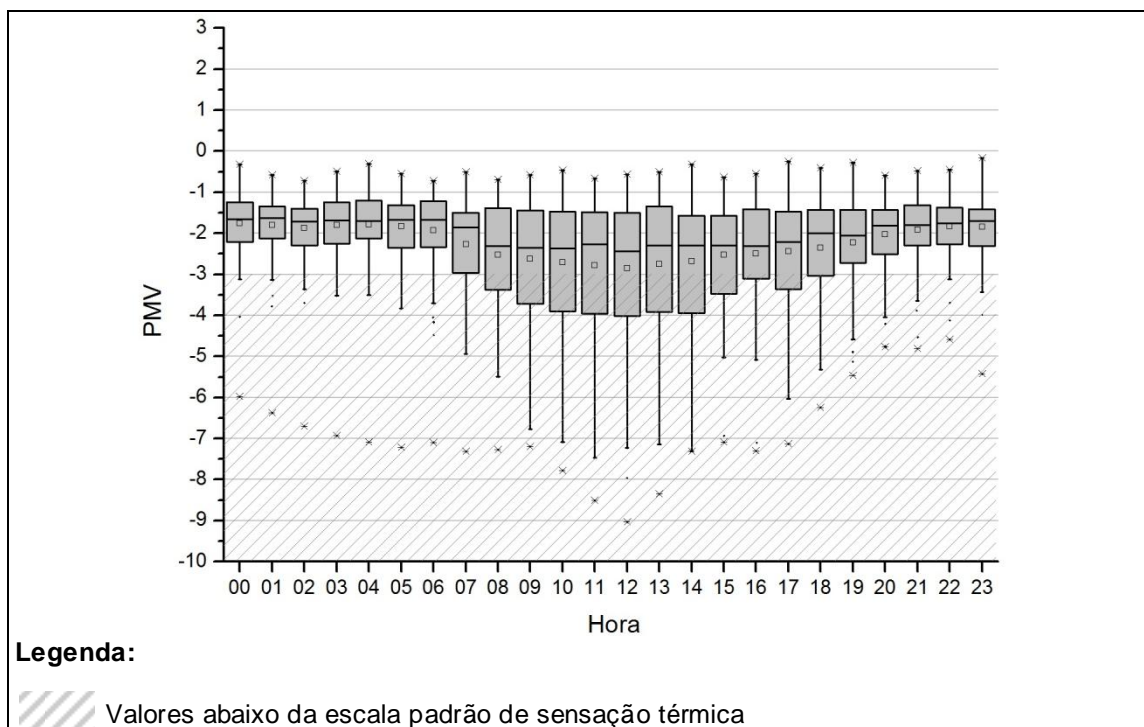


Fonte: o autor.

Em contrapartida, as concentrações de PMV se deram abaixo de -0,5, chegando próximo de -2,5, no refeitório, que é um ambiente em que o questionário foi respondido por oito pessoas, e por volta de -4,0 no camarote C3 (gráficos de 78 a 80). Observa-se que os retângulos tracejados, nos gráficos da enfermaria e do refeitório, indicam o período do dia em que o questionário foi respondido, para comparação com os votos reais. Como não houve respondentes no camarote C3, não há essa indicação no gráfico correspondente.

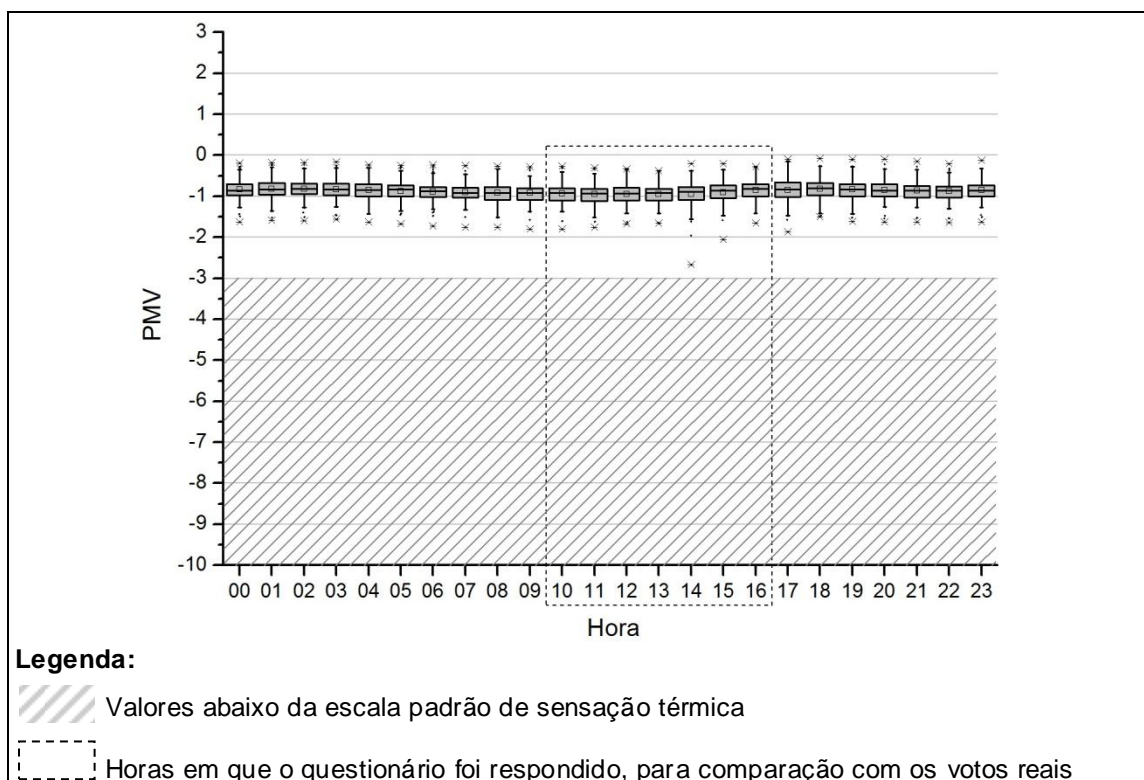


Gráfico 78 – PMV por hora no camarote C3 para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário A (isolamento de vestimenta = 0,38 clo; taxa metabólica = 1,2 met) – escala única para comparação com votos reais e ambientes



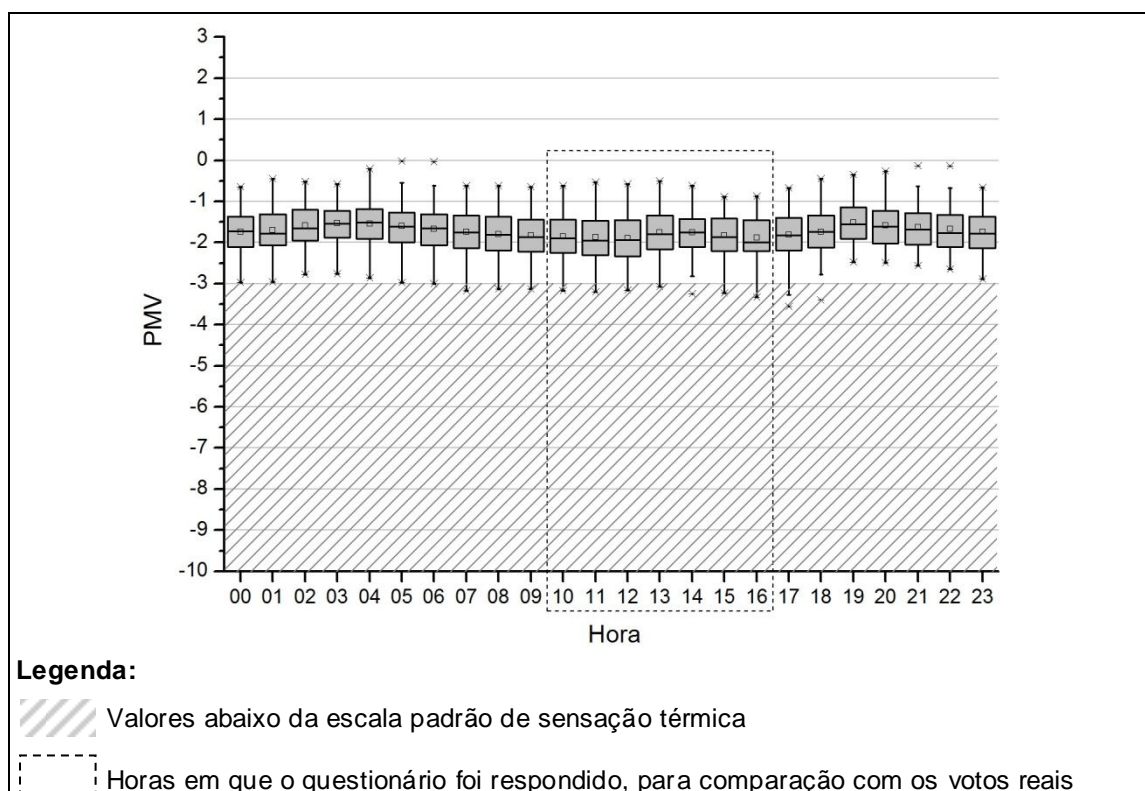
Fonte: o autor.

Gráfico 79 – PMV por hora na enfermaria para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário A (isolamento de vestimenta = 0,38 clo; taxa metabólica = 1,2 met) – escala única para comparação com votos reais e ambientes



Fonte: o autor.

Gráfico 80 – PMV por hora no refeitório para o período de inverno (01/06/2014, às 00h, a 31/08/2014, às 23h) - cenário A (isolamento de vestimenta = 0,38 clo; taxa metabólica = 1,2 met) – escala única para comparação com votos reais e ambientes



Fonte: o autor.

Percebe-se que apenas a concentração dos resultados de PMV da enfermaria chega a coincidir com a dos votos reais para sensação indicada em geral, ou habitual, que vai até -1,0.

Acredita-se que essa discrepância de resultados, entre os votos preditos e os reais, pode ser devida a variações ocorridas com o tempo, já que os questionários foram respondidos meses após o período de medições, ou a fatores subjetivos, não mensuráveis. Dessa forma, entende-se que, apesar das diferenças, os resultados, tanto dos votos preditos quanto dos reais, são válidos, uma vez que os procedimentos adotados para sua obtenção foram seguidos de forma rigorosa, e confirmam certa inconstância das condições para o conforto térmico nos MAE.

Quanto aos votos para sensação desejada, percebe-se que se concentraram na mesma faixa que aqueles para sensação indicada. De maneira geral, isso poderia indicar satisfação com a sensação indicada, se não fossem as diferenças entre as sensações indicadas e desejadas, que foram apresentadas

no tópico de análise das respostas dos usuários, confirmando-se a necessidade de ajustes para um maior conforto e satisfação com o ambiente térmico dos MAE.

Ressalta-se que os resultados obtidos devem ser considerados em seu conjunto, a fim de se atingir um entendimento global da situação observada e responder às questões levantadas da forma mais precisa e coerente possível, chegando-se a uma conclusão adequada.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde as primeiras avaliações realizadas para a pesquisa, foram identificados problemas de estanqueidade nos MAE, assim como diferenças de temperatura no interior dos cômodos e dificuldade em controlar a temperatura, que os usuários indicaram ser devido ao sistema de ajuste.

Com o desenvolvimento das avaliações, percebeu-se que a distribuição não uniforme da temperatura interna nos ambientes pode ser ocasionada por perda de calor, devido aos problemas de estanqueidade, ou por falhas oriundas do comportamento dos usuários, como por exemplo, deixar portas e janelas abertas ou mal fechadas, principalmente no período de verão, em que há mais usuários nos MAE.

Quanto a essa distribuição não uniforme da temperatura interna dos ambientes, foi notado, principalmente, frio próximo às janelas, devido a falhas nas vedações, e ao piso, sendo que muitos usuários dizem que sentem frio nos pés, e calor próximo aos aquecedores, considerando seu posicionamento. Também é possível que haja perda de calor pelas esquadrias ou pelo piso, com sua transmissão indevida através dos materiais utilizados, neste último caso ainda considerando a estrutura metálica do heliponto, embaixo dos módulos. Observa-se que a questão da transmissão de calor pelos materiais utilizados nos MAE é passível de uma investigação mais aprofundada em um trabalho futuro, com a realização de medições em superfícies, que sejam específicas para esse fim.

Apesar do problema da estanqueidade, verificou-se que não houve correlação entre as temperaturas do ar internas e externas, considerando-se o período de praticamente um ano de medições. Com isso, foi possível se deduzir que a envoltória mantém o ambiente interno termicamente bem isolado do externo e/ou que o sistema de aquecimento é capaz de compensar as diferenças de temperatura.

Através da análise dos resultados de temperatura operativa nos ambientes, chegou-se à conclusão de que, de forma geral, o ambiente térmico dos MAE poderia ser classificado como de categoria C, conforme os parâmetros da

ISO 7730:2005, que foi a principal norma de referência adotada para a avaliação.

Apesar dos ambientes geralmente terem apresentado altas porcentagens de resultados fora das faixas de controle estatístico, há de se considerar que a amplitude entre limites, em alguns casos, foi bastante estreita, por exemplo, de aproximadamente 0,5°C, sendo que quase todas se enquadraram em alguma categoria da ISO 7730:2005. De forma geral, com a observação dos resultados apresentados, ficou evidente que o sistema avaliado não deve ser considerado como controlado da maneira esperada para se realizar uma análise deste tipo, ou seja, o controle estatístico não se aplica neste caso. Ressalta-se que este sistema sofre interferências constantes, principalmente por parte dos usuários, que se movimentam de um ambiente para outro, abrindo portas e ajustando os termostatos conforme suas diferentes preferências. Com isso, reforçou-se o uso das normas próprias para a avaliação de desempenho e conforto térmico em edificações, que contêm parâmetros bem definidos e adequados para se lidar com esse tipo de sistema.

Quanto às diferenças verticais de temperatura do ar, a enfermaria e o refeitório apresentaram os melhores resultados, tendo sua concentração enquadrada nas categorias B e C, dependendo do período, sendo que o de verão teve melhores resultados que o de inverno, apesar deste ter uma menor quantidade e movimentação de usuários. O menor uso da enfermaria, com o menor trânsito de usuários e menos abertura de portas, e o calor recebido pelo refeitório, vindo da cozinha durante as atividades de cozimento, podem ter contribuído para a melhor distribuição do calor naqueles ambientes.

Os resultados obtidos junto aos usuários confirmaram que as sensações e preferências térmicas podem variar de forma significativa de uma pessoa para outra e que, portanto, não é possível chegar a um consenso geral quanto às condições ideais para o conforto, assim como indica a literatura consultada. Neste caso, apenas é possível afirmar que, de forma geral, há uma demanda por um aumento da temperatura ou, de preferência, por uma melhor preservação e distribuição do calor no ambiente interno dos MAE.

Percebeu-se que a ocorrência de frio, no decorrer dos dias como um todo, é bem mais frequente que a de calor, devendo ser dada especial atenção à parte

da manhã e da noite, conforme indicações dos usuários e observações dos resultados de PMV.

Apesar dos problemas apresentados, os usuários consideraram que o ambiente térmico dos MAE apresenta condições favoráveis ao conforto, assim como foi observado desde a primeira avaliação.

Através da análise dos resultados de PMV, foi constatado que ao desenvolverem atividades sedentárias (1,2 met), como trabalhando ao computador ou participando de uma reunião em grupo, se os usuários utilizassem vestimentas que garantissem um maior isolamento (próximo de 1,0 clo), utilizando jaquetas, calças e meias grossas, por exemplo, seria mais provável de se sentirem próximos da neutralidade térmica, em qualquer ambiente. Por sua vez, ao descansarem, deveriam se cobrir com colchas, a fim de obterem um isolamento próximo de 2,0 clo. Em contrapartida, ao realizar atividades médias em pé, como realizando faxina ou operando máquinas, poderiam utilizar vestimentas leves, com isolamento próximo de 0,4 clo, utilizando camisetas, calças leves e meias que não sejam grossas, por exemplo.

Ainda no que diz respeito à adaptação por meio das vestimentas ou cobertas, nos camarotes, considerando-se a variação vertical de temperatura, é provável que os ocupantes dos beliches superiores, ao sentirem calor, ajustem ou convençam os demais a ajustarem o termostato para mais frio, gerando-se temperaturas intermediárias e inferiores desconfortáveis. Para quem sente frio, nos beliches inferiores, é possível se cobrir, mas para o calor, nos beliches superiores, não há outra opção se não diminuir a temperatura, sendo natural que os usuários que ficam na parte de baixo concordem com esse ajuste.

Com o aumento do isolamento da vestimenta de 0,5 clo para 1,0 clo houve aumento de no mínimo meia unidade (0,5), aproximadamente, para a maior parte dos resultados de PMV, em todos os ambientes, considerando-se os cenários observados, chegando a aproximadamente 1,75, no camarote C3 e no refeitório, para taxa metabólica de 0,8 met (pessoa descansando reclinada).

Através dos comparativos entre os resultados de PMV, foi constatado que o índice é sensível nos ambientes estudados, mesmo com a alteração de uma

única variável por vez, confirmando que sua utilização para a avaliação dos MAE foi adequada.

Comparando-se os períodos de inverno e verão, observou-se que os resultados de PMV foram diferentes para cada ambiente, quanto aos valores e amplitudes de variação, alternando entre os dois períodos, conforme o ambiente.

Em geral, o camarote C3 e o refeitório apresentaram resultados de PMV com valores próximos, entre os dois ambientes, e inferiores aos da enfermaria, sendo que o camarote C3 apresentou maior amplitude que os outros dois ambientes, considerando-se os valores dentro dos limites de aceitação, ou seja, fora os *outliers* (valores espúrios).

Houve certa discrepância de resultados entre os votos preditos e os reais, sendo que os primeiros apresentaram valores geralmente inferiores aos segundos, o que pode ter acontecido devido a variações ocorridas com o tempo, já que os questionários foram respondidos meses após o período de medições, ou a fatores subjetivos, não mensuráveis. Dessa forma, entende-se que, apesar das diferenças, os resultados, tanto dos votos preditos quanto dos reais, foram válidos, uma vez que os procedimentos adotados para sua obtenção foram seguidos de forma rigorosa, e confirmaram certa inconstância das condições para o conforto térmico nos MAE. Para futuros trabalhos análogos, recomenda-se realizar o levantamento dos votos reais de sensação e preferência térmica dos usuários durante o período de medições, a fim de compará-los com os resultados de PMV, possivelmente chegando a uma maior aproximação entre eles.

Considerando-se as diversas variáveis envolvidas na avaliação realizada, dentre fatores objetivos e subjetivos, mensuráveis ou não, percebeu-se a dificuldade em responder com precisão e de forma simples se os MAE apresentam um desempenho adequado e se o ambiente térmico da edificação é confortável ou não. Mas pode-se afirmar que com a realização de alguns ajustes na edificação – por exemplo, nas vedações, com a eventual substituição de materiais – provavelmente seria possível atingir um alto desempenho nos MAE e, da mesma forma, o conforto obtido seria ainda maior com ajustes no comportamento em uso – por exemplo, utilizando-se

vestimentas com um maior isolamento. Por fim, recomenda-se que, a partir do diagnóstico realizado, estes e outros possíveis ajustes sejam testados, em trabalhos futuros, para se verificar sua real eficácia.



## 6. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. E. de. Ao sul do sul. **Revista de História da Biblioteca Nacional**, v. 9, p. 39-41, 2014.

\_\_\_\_\_. **Arquitetura na Antártica**: ênfase nas edificações brasileiras em madeira. 1995. 246 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

ALVAREZ, C. E. de; CASAGRANDE, B.; WOELFFEL, A. B. A adoção da metodologia de Avaliação Pós-Ocupação enquanto instrumento de diagnóstico da Estação Antártica Comandante Ferraz, Brasil: resultados preliminares. In: XV REUNIÓN DE ADMINISTRADORES DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS – RAPAL, 15., 2004, Guayaquil. **Anais...** Guayaquil: Programa Antártico Equatoriano, 2004. p. 1-5.

ALVAREZ, C. E. de; MARTINS, W. G. Building Performance Evaluation of the Emergency Antarctic Modules of Brazil based on the satisfaction of its users. **Annual Activity Report 2013 of National Institute of Science and Technology Antarctic Environmental Research / Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártico de Pesquisas Ambientais (INCT-APA)**, São Carlos: Editora Cubo, p. 120-123, 2014. Disponível em: <<http://www.biologia.ufrj.br/inct-antartico/wp-content/uploads/2015/05/INCT-APA-2013.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

ALVAREZ, C. E. de; YOSHIMOTO, F. M. Avaliação de impacto acústico na Estação Antártica Comandante Ferraz: resultados preliminares. In: XV REUNIÓN DE ADMINISTRADORES DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS – RAPAL, 15., 2004, Guayaquil. **Anais...** Guayaquil: Programa Antártico Equatoriano, 2004. p. 1-9.

AKUTSU, M; VITTORINO, F. Proposta de procedimentos para o tratamento de dados climáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 1991, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1991. p. 213-226.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE. **Handbook of Fundamentals**. Atlanta, 2009.

\_\_\_\_\_. **ASHRAE Standard 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2010.

ARENS, E.; HUMPHREYS, M. A.; DE DEAR, R.; ZHANG, H. Are “class A” temperature requirements realistic or desirable? **Building and Environment**, v. 45, n. 1, p. 4–10, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 14724**: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

BRAGER, G. S.; DE DEAR, R. J. Thermal adaptation in the built environment: a literature review. **Energy and Buildings**, v. 27, n. 1, p. 83–96, fev. 1998.

BROWN, Z. B. **Occupant comfort and engagement in green buildings**: Examining the effects of knowledge, feedback and workplace culture. Tese (Doutorado em Filosofia) - Faculty of Graduate Studies, University of British Columbia, Vancouver, 2009.

CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R.; OHBA, M. Effects of artificially induced heat acclimatization on subjects' thermal and air movement preferences. **Building and Environment**, v. 49, p. 251–258, mar. 2012.

CENA, K.; DE DEAR, R. Thermal comfort and behavioural strategies in office buildings located in a hot-arid climate. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, p. 409–414, 2001.

DE DEAR, R. J. Adaptive comfort applications in Australia and impacts on building energy consumption. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDOOR AIR QUALITY, VENTILATION & ENERGY CONSERVATION IN BUILDINGS – IAQVEC, 6., 2007, Sendai. **Proceedings...** Disponível em: <[http://www.inive.org/members\\_area/medias/pdf/Inive%5CIAQVEC2007%5CDeDear.pdf](http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5CIAQVEC2007%5CDeDear.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2016.

DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. **American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers – ASHRAE Report**. 1997. Disponível em: <[http://repositories.cdlib.org/cedr/cbe/ieq/deDear1998\\_ThermComPref](http://repositories.cdlib.org/cedr/cbe/ieq/deDear1998_ThermComPref)>. Acesso em: 4 jul. 2015.

DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 549–561, jul. 2002.

DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D. Thermal comfort: A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 2626–2640, 2010.

DONADELLO, A. L. F. **Avaliação de Desempenho Térmico da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT)**. 2014. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

ELLIS, P. Post-occupancy evaluation. **Facilities**, v. 5, n. 11, p. 12–14, 1987.

FAN, J. L.; LIAO, H.; LIANG, Q. M.; TATANO, H.; LIU, C. F.; WEI, Y. M. Residential carbon emission evolutions in urban–rural divided China: An end-use and behavior analysis. **Applied Energy**, v. 101, p. 323–332, jan. 2013.

FANTICELE, F. B. **Avaliação de conforto térmico na Estação Antártica Comandante Ferraz**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UECE, 2002. Apostila do Curso de Especialização em Comunidades Virtuais de Aprendizagem – Informática Educativa, oferecido pelo Centro de Educação da UECE. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2012-1/1SF/Sandra/apostilaMetodologia.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

FOUNTAIN, M.; BRAGER, G.; DE DEAR, R. Expectations of indoor climate control. **Energy and Buildings**, v. 24, n. 3, p. 179–182, out. 1996.

FRONTCZAK, M.; WARGOCKI, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. **Building and Environment**, v. 46, n. 4, p. 922–937, 2011.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003. 243 p.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Orgs.). **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GOU, Z.; LAU, S. S.-Y. Post-occupancy evaluation of the thermal environment in a green building. **Facilities**, v. 31, n. 7, p. 357–371, 2013.

GUERRA-SANTIN, O.; TWEED, A. C. In-use monitoring of buildings: An overview and classification of evaluation methods. **Energy and Buildings**, v. 86, p. 176–189, jan. 2015.

HALAWA, E.; VAN HOOFF, J. The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. **Energy and Buildings**, v. 51, p. 101–110, ago. 2012.

HAN, J.; ZHANG, G.; ZHANG, Q.; ZHANG, J.; LIU, J.; TIAN, L.; ZHENG, C.; HAO, J.; LIN, J.; LIU, Y.; MOSCHANDREAS, D. J. Field study on occupants' thermal comfort and residential thermal environment in a hot-humid climate of China. **Building and Environment**, v. 42, p. 4043–4050, 2007.

HENSEL, H. **Thermoreception and temperature regulation**. London: Academic Press, 1981.

HENSEN, J. L. M. **On the thermal interaction of building structure and heating and ventilating system**. 1991. 197 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 1991.

HOYT, T.; SCHIAVON, S.; PICCIOLI A.; MOON D.; STEINFELD, K. **CBE Thermal Comfort Tool**. Berkeley: University of California, Center for the Built Environment, 2013. Disponível em: <<http://cbe.berkeley.edu/comforttool/>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

HUMPHREYS, M. A.; NICOL, J. F. The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 667–684, jul. 2002.

INSÓLITO incendio en la Antártida. **Infobae**, 12 set. 2005. Disponível em: <<http://www.infobae.com/2005/09/10/209774-insolito-incendio-la-antartida/>>. Acesso em: 25 out. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008\\_2009\\_encaa/tabelas\\_pdf/tab1\\_1.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_encaa/tabelas_pdf/tab1_1.pdf)>. Acesso em: 11 jan. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Análise do Plano Ambiental de Construção dos Módulos Antárticos Emergenciais**. Brasília, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Climatologia de Ferraz**. Disponível em: <<http://antartica.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. Genebra, 1998.

\_\_\_\_\_. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genebra, 2005.

KUCHEN, E.; FISCH, M. N. Spot Monitoring: Thermal comfort evaluation in 25 office buildings in winter. **Building and Environment**, v. 44, n. 4, p. 839–847, 2009.

KWOK, A. G.; RAJKOVICH, N. B. Addressing climate change in comfort standards. **Building and Environment**, v. 45, n. 1, p. 18–22, 2010.

LIN, Z.; DENG, S. A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics-Developing a thermal comfort model for sleeping environments. **Building and Environment**, v. 43, p. 70–81, 2008.

MACLENNAN, P. Post-occupancy Evaluation. **Facilities**, v. 9, n. 12, p. 14–15, 1991.

MARINHA DO BRASIL. **Solicitação de proposta de cotação**: Módulos Antárticos Emergenciais (MAE). Brasília, 2012.

MARTINS, W. G.; ALBUQUERQUE, A. S.; MACHADO, J. M.; ALVAREZ, C. E. de. Evaluación de confort térmico en los Módulos Antárticos de Emergencia a través de la utilización del índice PMV. In: VIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE CIENCIA ANTÁRTICA, 8., 2015, Montevideu. **Libro de resúmenes**. Montevideu: Instituto Antártico Uruguayo, 2015. v. 1. p. 30-33.

MARTINS, W. G.; ALVAREZ, C. E. de. Análise de variáveis térmicas ambientais nos Módulos Antárticos Emergenciais. In: LATIN-AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES, 1., 2015, Guimarães. **Conference Proceedings...** Guimarães: impresso por Multicomp, 2015. v. 1, p. 199-208. Disponível em: <[http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/files/Euro-ELECS\\_2015-Proceedings\\_Vol1.pdf](http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/files/Euro-ELECS_2015-Proceedings_Vol1.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2015.

MARTINS, W. G.; ALVAREZ, C. E. de. Avaliação de desempenho dos Módulos Antárticos Emergenciais (MAE) do Brasil a partir da satisfação dos seus usuários. In: I CONGRESSO FLUMINENSE DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE – CONENGE, 1., 2013, Niterói. **Anais...** Niterói: Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense – UFF, 2013. Disponível em: <<http://www.engenharia.uff.br/eventos/i-congresso-fluminense.html>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

MECH, K. How Hard-Wall Expandable Containers helped Brazil recover from an antarctic disaster. **Innovation: Journal of The Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia**, v. 17, n. 3, p. 20–22, 2013.

MENEZES, A. C.; CRIPPS, A.; BOUCHLAGHEM, D.; BUSWELL, R. Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap. **Applied Energy**, v. 97, p. 355–364, 2012.

MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. Field studies on human thermal comfort - An overview. **Building and Environment**, v. 64, p. 94–106, jun. 2013.

MONTARROYOS, D. C. G. **Indicadores de sustentabilidade para edificações na Antártica**. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 6. ed. Hoboken: Wiley, 2009. 734 p.

MOON, J. W.; HAN, S.-H. Thermostat strategies impact on energy consumption in residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 2-3, p. 338–346, fev. 2011.

MORAIS, R. Tribunal Militar condena sargento por incêndio em base da Antártica. **G1**, Distrito Federal, 16 mai. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2016/05/tribunal-militar-condena-sargento-por-incendio-em-base-da-antartica.html>>. Acesso em: 20 out. 2016.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. de O. **Estatística básica**. 8. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

MUI, K. W. H.; CHAN, W. T. D. Adaptive comfort temperature model of air-conditioned building in Hong Kong. **Building and Environment**, v. 38, n. 6, p. 837–852, 2003.

NICOL, F.; STEVENSON, F. Adaptive comfort in an unpredictable world. **Building Research & Information**, v. 41, n. February 2015, p. 255–258, 2013.

OGBONNA, A. C.; HARRIS, D. J. Thermal comfort in sub-Saharan Africa: Field study report in Jos-Nigeria. **Applied Energy**, v. 85, p. 1–11, 2008.

ORNSTEIN, S. W.; ROMERO, M de A. **Avaliação Pós-Ocupação (APO) do Ambiente Construído**. São Paulo: Studio Nobel, 1992.

PEETERS, L.; DEAR, R. de; HENSEN, J.; D'HAESELEER, W. Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation. **Applied Energy**, v. 86, n. 5, p. 772–780, maio 2009.

REJCEK, P. Fire At Russian Station. **The Antarctic Sun**, Arlington, 17 out. 2008. Disponível em: <<https://antarcticsun.usap.gov/features/content/Handler.cfm?id=1557>>. Acesso em: 26 out. 2016.

SCHMID, A. L. **A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR - SECIRM. Brasil sedia a XXXVII ATCM. **InfoCIRM**, Brasília, p. 4-5, mai./ago. 2014. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/secirm/publicacoes/infocirm/2014/infocirm-mai-ago-2014.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

\_\_\_\_\_. **Programa Antártico Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/secirm/portugues/proantar.html>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

SECRETARIAT OF THE ANTARCTIC TREATY. Site Institucional. Disponível em: <<http://www.ats.aq/seleccion.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

\_\_\_\_\_. **Tratado Antártico**. Washington, 1959. Disponível em: <[http://www.ats.aq/documents/ats/treaty\\_original.pdf](http://www.ats.aq/documents/ats/treaty_original.pdf)>. Acesso em: 4 jul. 2015.

SINGH, M. K.; MAHAPATRA, S.; ATREYA, S. K. Adaptive thermal comfort model for different climatic zones of North-East India. **Applied Energy**, v. 88, n. 7, p. 2420–2428, jul. 2011.

SOUZA, J. E. B. de. **Brasil na Antártica: 25 Anos de História**. São Carlos - SP: Vento Verde Editora, 2008. 167 p.

STEVENSON, F. Post-occupancy evaluation and sustainability: A review. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers Urban Design and Planning**, p. 123–130, 2009.

TALEGHANI, M.; TENPIERIK M.; KURVERS, S.; VAN DEN DOBBELSTEEN, A. A review into thermal comfort in buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 201–215, 2013.

TAYLOR, P.; FULLER, R. J.; LUTHER, M. B. Energy use and thermal comfort in a rammed earth office building. **Energy and Buildings**, v. 40, p. 793–800, 2008.

VAN DER LINDEN, A. C.; BOERSTRA, A. C.; RAUE, A. K.; KURVERS, S. R.; DE DEAR, R. J. Adaptive temperature limits: A new guideline in the Netherlands: A new approach for the assessment of building performance with respect to thermal indoor climate. **Energy and Buildings**, v. 38, p. 8–17, 2006.

VAN HOOFF, J. Forty years of Fanger's model of thermal comfort: Comfort for all? **Indoor Air**, v. 18, n. 1970, p. 182–201, 2008.

VAN HOOFF, J.; HENSEN, J. L. M. Quantifying the relevance of adaptive thermal comfort models in moderate thermal climate zones. **Building and Environment**, v. 42, n. 1, p. 156–170, jan. 2007.

WAGNER, A.; GOSSAUER, E.; MOOSMANN, C.; GROPP, T.; LEONHART, R. Thermal comfort and workplace occupant satisfaction-Results of field studies in German low energy office buildings. **Energy and Buildings**, v. 39, n. 7, p. 758–769, 2007.

WANG, Z. A field study of the thermal comfort in residential buildings in Harbin. **Building and Environment**, v. 41, n. 8, p. 1034–1039, 2006.

WEATHERHAVEN CANADA RESOURCES LIMITED – WCRL. **Apresentação da proposta [para os MAE]**. Burnaby, 2012.

YANG, L.; YAN, H.; LAM, J. C. Thermal comfort and building energy consumption implications - A review. **Applied Energy**, v. 115, p. 164–173, 2014.

YAO, R.; LI, B.; LIU, J. A theoretical adaptive model of thermal comfort – Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). **Building and Environment**, v. 44, n. 10, p. 2089–2096, 2009.

## APÊNDICE A - Questionário de Avaliação Geral dos MAE

### INFORMAÇÕES SOBRE O USUÁRIO

Nome completo:

Sexo: ☒ F ☐ M Idade:  anos. Local de residência:

Função que ocupa na Antártica:

Local de trabalho principal nos MAE:

Setores que mais utiliza além do seu próprio (citar até três, por exemplo: sala de refeições, ginásio e laboratório):

Tempo que está nos MAE:  dias. Tempo de estadia previsto ao todo:  dias.

Em média, quanto tempo por dia você passa dentro dos MAE?  horas/dia.

Já esteve anteriormente na Antártica? ☒ Sim ☐ Não Se sim, quantas vezes?

Já esteve anteriormente em outros locais onde faça frio intenso? ☒ Sim ☐ Não

### CONDIÇÕES EM QUE O QUESTIONÁRIO ESTÁ SENDO RESPONDIDO

Local:  Data: [Clique aqui](#)

Marque as condições climáticas neste momento:

☒ Céu limpo ☐ Nublado ☐ Chovendo ☐ Nevando

☒ Sem vento ☐ Vento fraco ☐ Vento médio ☐ Vento forte

Outras (opcional):

Marque os tipos de vestimentas você que está usando neste momento:

☒ Agasalho tipo moletom completo (ou similar) ☐ Bermuda e camiseta

☐ Agasalho de lã sobre moletom (ou similar) ☐ Outra

☒ Meia de tecido ☐ Meia de lã ☐ Sem meia

☒ Chinelo ☐ Tênis ☐ Bota

☒ Gorro ☐ Boné ☐ Sem cobertura

☒ Luva sem falange ☐ Luva ☐ Sem luva

Outras (opcional):



**QUESTÕES SOBRE OS MAE**

Dê uma qualificação para:

1) Sua sensação térmica dentro dos MAE.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima
2) Isolamento do som em relação ao ambiente externo.
☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima
3) Isolamento do som entre os cômodos.
☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima
4) Qualidade do som dentro dos cômodos.
☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

5) Privacidade dentro dos camarotes e sanitários.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima
6) Iluminação natural (luz do sol) nos ambientes.
☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima
7) Iluminação artificial (luz de lâmpadas) dos ambientes.
☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

8) Segurança dentro dos MAE.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

9) Funcionalidade dos MAE (atendimento às devidas funções).

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

10) Divisão dos ambientes internos quanto ao atendimento às necessidades de organização e fluxo de pessoas e material.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

11) Flexibilidade dos ambientes dos MAE em relação ao uso, por exemplo: utilizar a sala de refeição para reunião.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

12) Equipamentos e mobiliário quanto à adequabilidade para o cumprimento de suas funções.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

13) Funcionamento de equipamentos.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

14) Sensação ao toque nos materiais construtivos dos MAE.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima
15) Aparência externa dos MAE.
☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

16) Aparência interna dos MAE.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

17) Inserção dos MAE na paisagem ao redor.

☒ Excelente    ☐ Boa    ☐ Razoável    ☐ Ruim    ☐ Péssima

Marque os problemas que identificar nos MAE:

☐ 18) Calor ou frio em ambiente.

Qual e onde?

☐ 19) Diferença de temperatura dentro de ambiente, por exemplo: frio próximo à porta e calor em uma área mais distante.

Qual e onde?

☐ 20) Diferença de temperatura interior/exterior que causa choque térmico ao entrar ou sair dos MAE.

Qual e onde?

☐ 21) Ruído específico que incomoda.

Qual e onde?

O incômodo continua mesmo com portas e janelas fechadas? ☒ Sim    ☐ Não

☐ 22) Falta de privacidade ou sossego para executar um trabalho, por exemplo.

Qual e onde?

☐ 23) Ambiente que não cumpre sua devida função ou que é inadequado para a quantidade de pessoas que o utiliza.

Qual e onde?

☐ 24) Equipamento, instalação ou mobiliário inadequado para o cumprimento de sua devida função.

Qual e onde?

☐ 25) Equipamento, instalação ou mobiliário danificado ou com mau funcionamento.

Qual e onde?

☐ 26) Equipamento, instalação ou mobiliário inadequado para o uso confortável e seguro, por exemplo: bancada muito alta, pia muito baixa, maquinários e aparelhos eletrônicos com alto risco de acidente.

Qual e onde?

☐ 27) Dificuldade ou desconforto em relação à automação de algum equipamento.

Qual e onde?

☐ 28) Dificuldade ao circular pelos MAE devido a desníveis ou irregularidades no piso, por exemplo.

Qual e onde?

- ☐ 29) Dificuldade ao circular pelos MAE devido à organização dos ambientes ou ao posicionamento dos acessos.

Qual e onde?

- ☐ 30) Entrada indevida de água ou líquidos, através de janelas, portas, emendas ou frestas, por exemplo.

Qual e onde?

- ☐ 31) Umidade ou mofo.

Qual e onde?

- ☐ 32) Correntes de ar indesejáveis.

Qual e onde?

- ☐ 33) Fumaça, gases, poeira ou cheiros indesejáveis.

Qual e onde?

- ☐ 34) Sensação de enclausuramento ou falta de ar.

Qual e onde?

- ☐ 35) Sensação de instabilidade dos MAE devido a trepidações causadas por ventos fortes, equipamentos que vibram ou sobrecargas para a estrutura.

Qual e onde?

- ☐ 36) Material desagradável ao toque, por exemplo: áspero, cortante e/ou irregular.

Qual e onde?

- ☐ 37) Insegurança quanto ao risco de acidentes e/ou incêndio.

Qual e onde?

Responda às seguintes perguntas:

Já aconteceu algum acidente dentro dos MAE?

☒ Sim ☐ Não ☐ Não sei

Se sim, qual e onde?

Já foi necessário adotar alguma medida de improviso para contornar algum imprevisto?

☒ Sim ☐ Não ☐ Não sei

Se sim, qual e onde?

Já foi feita alguma melhoria ou modificação nos ambientes?

☒ Sim ☐ Não ☐ Não sei

Se sim, qual e onde?

De maneira geral, avalie sua satisfação em relação aos MAE:

☒ Excelente ☐ Boa ☐ Razoável ☐ Ruim ☐ Péssima

**COMENTÁRIOS ADICIONAIS**

Se desejar fazer algum comentário ou justificativa adicional sobre algum dos itens anteriores ou sobre outro aspecto não contemplado pelo questionário, utilize o espaço abaixo:

MUITO OBRIGADO PELA COLABORAÇÃO!

## APÊNDICE B - Questionário de Conforto Térmico nos MAE

Texto inicial de apresentação:

Este questionário foi elaborado para pesquisa de avaliação de conforto térmico nos Módulos Antárticos Emergenciais cujos resultados constituirão embasamento científico para a tomada de medidas de melhoria e aprimoramento de suas instalações e das futuras edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz.

Dedicar alguns minutos para completar este breve questionário será muito importante para o desenvolvimento da pesquisa.

**\* Obrigatório**

[Imagem dos MAE – mesma que da Figura 8]

### DADOS PESSOAIS DO RESPONDENTE

#### NOME COMPLETO \*

Esta identificação servirá somente para que os pesquisadores possam fazer o controle dos questionários respondidos.

#### SEXO \*

#### IDADE \*

 anos

#### ALTURA \*

Formato: metros.centímetros (exemplo: 1.75)

#### PESO \*

 Kg

#### CIDADE DE ORIGEM - UF / CIDADE DE RESIDÊNCIA – UF \*

Exemplo: Vitória - ES / Rio de Janeiro - RJ

## INFORMAÇÕES DE PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO

### DATA E HORA EM QUE O QUESTIONÁRIO É RESPONDIDO \*

Exemplo: 03/05/2013 11h30

Clique aqui para inserir uma data.

### LOCAL EM QUE O QUESTIONÁRIO É RESPONDIDO \*

- ☐ Camarote 2 (Bravo)
- ☐ Camarote 3 (Charlie)
- ☐ Enfermaria
- ☐ Refeitório

## QUESTÕES

<<< IMPORTANTE >>> É preciso que se esteja no local indicado anteriormente ao responder às questões de 01 a 06.

### 01) O que estava fazendo antes de responder ao questionário? \*

Exemplos: Dormindo OU Trabalhando no laboratório

### 02) Indique sua sensação térmica neste momento com um número de -3.0 a 3.0 (não precisa ser número inteiro - exemplo: -1.5) com base na escala abaixo. \*

-3.0 = MUITO FRIO; -2.0 = FRIO; -1.0 = POUCO FRIO; 0.0 = NEM FRIO NEM QUENTE; 1.0 = POUCO QUENTE; 2.0 = QUENTE; 3.0 = MUITO QUENTE

### 03) Indique a sensação térmica que gostaria de ter neste momento com um número de -3.0 a 3.0 (não precisa ser número inteiro - exemplo: 0.5) com base na escala abaixo: \*

-3.0 = MUITO MAIS FRIO; -2.0 = MAIS FRIO; -1.0 = POUCO MAIS FRIO; 0.0 = SEM ALTERAÇÃO; 1.0 = POUCO MAIS QUENTE; 2.0 = MAIS QUENTE; 3.0 = MUITO MAIS QUENTE

### 04) Sente algum desconforto térmico localizado em alguma parte do corpo, como uma região do corpo mais fria ou mais quente que as outras, neste momento? \*

### Se sim, mais frio ou mais calor em qual parte do corpo?

Exemplo: Mais frio nos pés e nas pernas.

**05) Sua sensação térmica varia dentro do ambiente em que se situa? \***

Exemplo ilustrativo: Mais frio próximo à janela e mais calor perto de algum equipamento.

Se sim, descreva a situação:

**06) Marque as peças de roupa que está usando nesse momento e acrescente o que faltar na linha em branco: \***

- ☐ CAMISA DE MANGA LONGA DE TECIDO GROSSO
- ☐ CAMISA DE MANGA LONGA DE TECIDO FINO
- ☐ CAMISA DE MANGA CURTA DE TECIDO GROSSO
- ☐ CAMISA DE MANGA CURTA DE TECIDO FINO
- ☐ CAMISETA NORMAL
- ☐ CAMISETA REGATA
- ☐ BLUSA DE MOLETOM
- ☐ JAQUETA DE TECIDO GROSSO
- ☐ JAQUETA DE TECIDO FINO
- ☐ CALÇA DE TECIDO GROSSO
- ☐ CALÇA DE TECIDO FINO
- ☐ CALÇA JEANS
- ☐ BERMUDA OU SHORT
- ☐ BOTA
- ☐ SAPATO
- ☐ TÊNIS
- ☐ CHINELO, SANDÁLIA OU OUTRO CALÇADO ABERTO
- ☐ MEIA BAIXA GROSSA
- ☐ MEIA BAIXA FINA
- ☐ MEIA ALTA GROSSA
- ☐ MEIA ALTA FINA
- ☐ LUVAS
- ☐ Outro:

**07) Recebeu orientação sobre a vestimenta que deve ser usada no interior dos MAE? \***

08) Em qual ambiente nos MAE você se sente MAIS confortável termicamente? \*

Por quê? \*

09) Em qual ambiente nos MAE você se sente MENOS confortável termicamente? \*

Por quê? \*

10) Em geral, qual é sua sensação térmica nos MAE? Como na segunda questão, indique com um número de -3.0 a 3.0 (não precisa ser número inteiro - ex.: -1.5) com base na escala abaixo: \*

-3.0 = MUITO FRIO; -2.0 = FRIO; -1.0 = POUCO FRIO; 0.0 = NEM FRIO NEM QUENTE; 1.0 = POUCO QUENTE; 2.0 = QUENTE; 3.0 = MUITO QUENTE

11) Indique a sensação térmica que gostaria de ter nos MAE com um número de -3.0 a 3.0 (não precisa ser número inteiro - ex.: 0.5), como na terceira questão, com base na escala abaixo: \*

-3.0 = MUITO MAIS FRIO; -2.0 = MAIS FRIO; -1.0 = POUCO MAIS FRIO; 0.0 = SEM ALTERAÇÃO; 1.0 = POUCO MAIS QUENTE; 2.0 = MAIS QUENTE; 3.0 = MUITO MAIS QUENTE

12) Costuma sentir algum desconforto térmico localizado em alguma parte do corpo, como uma região do corpo mais fria ou mais quente que as outras, dentro dos MAE? \*

Se sim, mais frio ou mais calor em qual parte do corpo?

Exemplo: Mais frio nos pés e nas pernas.

13) Algum item corresponde à sua percepção do ambiente térmico nos MAE? Se sim, marque a opção ou as opções correspondentes:

Nota: É possível marcar até dois itens opostos mas coerentes como, por exemplo, "Ocasionalmente calor" e "Frequentemente frio".

- ☐ Ocasionalmente frio
- ☐ Frequentemente frio
- ☐ Sempre frio
- ☐ Ocasionalmente calor
- ☐ Frequentemente calor
- ☐ Sempre calor



